

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Technische Universität Darmstadt



**Gewässerentwicklungsplanung für einen
Kinzigabschnitt beim Pegel Hanau**

Restoration of the river Kinzig near the water gauge Hanau

Am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
der Technischen Universität Darmstadt angefertigte und
beim Fachgebiet für Wasserbau und Hydraulik vorgelegte

Masterthesis

von

Kim Merle Nobis

geb. in Bottrop (Matrikelnummer 2111900)

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. B. Lehmann

Tag der Einreichung: 25. Oktober 2017

Darmstadt, im Oktober 2017

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	viii
Abkürzungsverzeichnis	ix
Formelzeichen	xii
1. Einleitung	1
1.1. Vorwort.....	1
1.2. Veranlassung und Aufgabenstellung	2
2. Allgemeine Grundlagen	4
2.1. Rechtliche Vorgaben	4
2.1.1. Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)	4
2.1.2. Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	5
2.1.3. Hessisches Wassergesetz (HWG)	5
2.2. Abgrenzung der Begriffe Renaturierung und Gewässerentwicklung	6
2.3. Grundlagen einer Gewässerentwicklung	6
2.3.1. Ziele	6
2.3.2. Gewässerentwicklungskonzept (GEK) und Gewässerentwicklungsplan (GEP)	7
2.3.3. Ablaufschema	7
2.4. Definition der Begriffe Gewässerstruktur und Gewässerstrukturgüte.....	9
2.5. Verfahren zur Ermittlung der Gewässerstrukturgüte	10
2.6. Heutiger potenziell natürliche Gewässerzustand (hpn-Zustand)	12
3. Erhebung relevanter Daten des Projektgebietes	14
3.1. Geographie des Planungsgebietes	14
3.2. Geologie des Planungsgebietes	15
3.3. Hydrologische und hydraulische Daten.....	15
3.3.1. Hochwassermeldestufen an dem Kinzigpegel.....	16
3.3.2. Hochwasserereignisse an dem Kinzigpegel.....	16
3.3.3. Aufzeichnungen der Wasserstandsmessungen.....	18
3.3.4. Aufzeichnungen der Durchflussmessungen	18
3.4. Schutzgebiete / Biotope.....	18
3.5. Fischregion und vorkommende Fischarten.....	20
3.6. Gewässerstrukturgüte	21
3.7. Abweichungsklasse	21
3.8. Biologische Gewässergüte	22

3.9. Gewässerlandschaft nach Briem.....	23
3.10. Typisierung des Fließgewässers nach EU-WRRL	23
3.11. Übergeordnete Planungen und rechtsverbindliche Pläne	24
3.11.1. Regionalplan / Flächennutzungsplan / Landschaftsplan	24
3.11.2. Landesentwicklungsplan	25
3.11.3. Bebauungsplan	25
3.12. Grundstückseigentümer	25
3.13. Gutachten und Studien	26
4. Bestandsaufnahme des Planungsgebietes	27
4.1. Ortsbegehung	27
4.2. Auswertung der Bodenproben	32
4.3. Ablauf des Hochwassers aus der Bulau in die Kinzig	33
4.4. Bestehende Wasserstands- und Abflussmessenanlagen.....	34
4.4.1. Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkrananlage für Flügelmessungen	34
4.4.2. Ultraschall-Durchflussmessenanlage	36
4.4.3. Wasserstandsmessung mit Radar.....	37
4.4.4. ADCP-Messboot	38
4.5. Nutzung eines Teilabschnittes als Übungsstrecke für Kanuten.....	39
4.6. Ergebnisse der Fließgeschwindigkeitsmessung	39
4.7. Brücke B8 (Lamboybrücke).....	41
4.8. Lage von Versorgungsleitungen	42
5. Erstellung des heutigen potenziellen natürlichen Gewässerzustandes	43
5.1. Darstellung der räumlichen Referenz.....	43
5.1.1. Zusammenfassung wichtiger Kenndaten des Referenzgewässers	44
5.1.2. Vermessung eines Querprofils (km 6,710)	45
5.1.3. Laufentwicklung.....	45
5.1.4. Längsprofil	46
5.1.5. Querprofil.....	46
5.1.6. Sohlenstruktur.....	47
5.1.7. Uferstruktur.....	48
5.1.8. Gewässerumfeld	48
5.2. Darstellung der historischen Referenz	48
5.3. Theoretisch rekonstruierte Referenz	49
5.4. Hpn-Zustand für das Planungsgebiet an der Kinzig	51
6. Bewertung des Ist-Zustandes der Kinzig am hpn-Zustand	53
6.1. Gliederung des Planungsgebietes.....	53
6.2. Allgemeine Defizitanalyse.....	54
6.2.1. Bewertung der Laufentwicklung.....	54
6.2.2. Bewertung des Längsprofils.....	54

6.2.3. Bewertung des Querprofils	55
6.2.4. Bewertung der Sohlenstruktur	55
6.2.5. Bewertung der Uferstruktur	56
6.2.6. Bewertung des Gewässerumfeldes.....	56
6.2.7. Bewertung der Durchgängigkeit.....	56
6.3. Spezielle Defizitanalyse	57
6.3.1. Abschnitt 1: km 4,528 bis km 4,561 (Lamboybrücke)	57
6.3.2. Abschnitt 2: km 4,561 bis km 4,650	58
6.3.3. Abschnitt 3 und Abschnitt 5: km 4,650 bis km 4,830 und km 4,890 bis km 5,000	60
6.3.4. Abschnitt 4: km 4,830 bis km 4,890	60
6.4. Zusammenfassung der Defizitanalyse	62
7. Zielformulierung.....	63
7.1. Darstellung der Zielkonflikte	63
7.2. Renaturierungsmöglichkeiten	64
7.2.1. Vorstellung der Renaturierungsmöglichkeiten.....	64
7.2.2. Wahl der Renaturierungsmöglichkeit	65
7.3. Variantenentwicklung.....	65
7.4. Variantenentscheidung	68
7.5. Leitbild.....	69
7.6. Standortwahl der Ultraschall-Durchflussmessanlage	71
7.7. Standortwahl des Wasserstandradars	74
7.8. Formulierung von Entwicklungszielen	74
7.9. Abstimmung mit Beteiligten und Betroffenen	75
8. Maßnahmenvorschläge	78
8.1. Erhalten	78
8.2. Entwickeln	79
8.3. Umgestalten.....	80
8.4. Priorisierung der Maßnahmen	83
8.5. Festlegen von Bauabschnitten.....	84
8.6. Darstellung im Planwerk.....	85
8.7. Durchführung von Erfolgskontrollen.....	85
9. Vereinfachte Strömungsberechnung mit Hochwasserneutralitätsnachweis und Pegelstandortanalyse auf Basis der HecRAS Software	87
9.1. Die HecRAS Software.....	87
9.2. Erste Schritte bei HecRAS	88
9.3. Eingabe der Profildaten	88
9.3.1. Annahmen/Vereinfachungen.....	88

9.3.2. Festlegen der Rauigkeitsbeiwerte	89
9.3.3. Geometriedaten.....	89
9.4. Eingabe der Abflussdaten und Festlegung der Randbedingungen.....	91
9.5. Hochwasserneutralitätsnachweis	92
9.6. Pegelstandortanalyse	97
10. Zuwegbarkeit der Baustelle und Erstellung eines Bauablaufplanes	99
10.1. Zuwegbarkeit der Baustelle.....	99
10.2. Empfehlungen für Großgeräte	102
10.3. Bauablaufplan des ersten Bauabschnittes	103
10.4. Bauablauf des zweiten Bauabschnittes.....	103
11. Kostenabschätzung.....	105
12. Gewässerunterhaltungsmaßnahmen	108
12.1. Regelmäßig und unregelmäßig durchzuführende Maßnahmen	108
12.2. Empfehlungen für das Planungsgebiet	109
12.2.1. Erster Bauabschnitt	109
12.2.2. Zweiter Bauabschnitt.....	109
13. Steckbriefe.....	110
14. Zusammenfassung und Fazit	115
15. Literaturverzeichnis	118
16. Anhang	131

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verlauf der Kinzig (Kommunales Center für Arbeit – Jobcenter und Soziales, o.J., ergänzt durch die Autorin)	14
Abbildung 2:	Lage und Kilometrierung des Projektgebietes (ohne Maßstab, in Anlehnung an WRRL-Viewer 2017, verändert durch die Autorin)	15
Abbildung 3:	Ausschnitt aus der Gefahrenkarte HQ ₁₀ (HWRM-Viewer 2017)	18
Abbildung 4:	Ausschnitt aus der Risikokarte HQ ₁₀ (HWRM-Viewer 2017)	18
Abbildung 5:	Ausschnitt des Landschaftsschutzgebietes (Natureg Hessen 2017)	19
Abbildung 6:	Ausschnitt des FFH-Gebietes (Natureg Hessen 2017)	19
Abbildung 7:	Ausschnitt aus der Karte „Hinweise zu gesetzlich geschützten Biotopen“ (Natureg Hessen 2017)	20
Abbildung 8:	Ausschnitt aus der Karte „Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze“ (Natureg Hessen 2017)	20
Abbildung 9:	Die Barbe (Bay 2015)	21
Abbildung 10:	Intakte Befestigung des Gewässerlaufes mit Wasserbausteinen (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	27
Abbildung 11:	Nicht intakte Befestigung des Gewässerverlaufes (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	28
Abbildung 12:	Unterstand am linksseitigen Ufer (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	28
Abbildung 13:	Rechtwinkelige Querschnittsaufweitung bei km 4,640 (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 08.04.2017)	28
Abbildung 14:	Erste linksseitige Buhne (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	29
Abbildung 15:	Linksseitige Sedimentablagerung unterhalb der Lamboybrücke (eigenes Foto, aufgenommen am 02.06.2017)	29
Abbildung 16:	Anlagerung von Totholz bei km 4,560 (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	29
Abbildung 17:	Über den Querschnitt der Kinzig ragender, umgeknickter Baum (Blick entgegen der Fließrichtung) (eigenes Foto, aufgenommen am 08.04.2017)	30
Abbildung 18:	Beispielhafter Bewuchs an den Ufern der Kinzig bei km 4,650 (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 02.06.2017)	30
Abbildung 19:	Bewuchs an der Pegelmessstrecke (Blick in Fließrichtung, eigenes Foto aufgenommen am 30.05.2017)	30
Abbildung 20:	Grünland (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	31
Abbildung 21:	Mehrfamilienhaus (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	31
Abbildung 22:	Ableitungsrohre bei km 4,680 (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	34
Abbildung 23:	Bei Hochwasser überflutete Fläche hinter den Rohren (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	34

Abbildung 24:	Zulauf in die Kinzig bei km 4,735 (eigenes Foto, aufgenommen am 02.06.2017)	34
Abbildung 25:	Altwasser (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)	34
Abbildung 26:	Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkrananlage für Flügelmessungen (eigenes Foto, aufgenommen am 08.04.2017).....	35
Abbildung 27:	Messgerät des Einperlpegels im Pegelhaus der (alten) Pegelanlage (eigenes Foto, aufgenommen am 02.08.2017).....	35
Abbildung 28:	Hydrometrischer Messflügel im alten Pegelhaus an der Kinzig (eigenes Foto, aufgenommen am 26.04.2017)	36
Abbildung 29:	Montierter Wandler an einem Pfeiler der Lamboy-brücke (eigenes Foto, aufgenommen am 02.06.2017)	37
Abbildung 30:	Prinzip einer Einpfadanlage (Quantum Hydrometrie 2011, 25)	37
Abbildung 31:	Wasserstandsradar unter der Lamboybrücke (eigenes Foto, aufgenommen am 12.07.2017).....	38
Abbildung 32:	ADCP-Messboot (eigenes Foto, aufgenommen am 02.08.2017).....	38
Abbildung 33:	Gemessene Strömungsprofile bei km 4,650 (eigenes Foto, aufgenommen am 12.07.2017).....	40
Abbildung 34:	Gemessene Strömungsprofile bei km 4,850 (eigenes Foto, aufgenommen am 12.07.2017).....	41
Abbildung 35:	Grobe Skizze der Lamboybrücke (ohne Maßstab, Hessen Mobil 2017, 4)...	41
Abbildung 36:	Einbau des Unterwasserbetons (Hofmann o.J., 9).....	42
Abbildung 37:	Lage des Referenzabschnittes der Kinzig (in Anlehnung an WRRL-Viewer 2017, verändert durch die Autorin)	44
Abbildung 38:	Querprofil bei km 6,710 (betrachtet in Fließrichtung)	45
Abbildung 39:	Krümmungserosion (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 18.06.2017)	46
Abbildung 40:	Sturzbäume mit Treibholzansammlung (Blick in Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 18.06.2017)	46
Abbildung 41:	Uferbank (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 18.06.2017).....	46
Abbildung 42:	Vergleich des Verlaufs der Kinzig im Jahr 1859 (oben) und im Jahr 2017 (unten) (in Anlehnung an LAGIS o.J. und WRRL 2017, verändert durch die Autorin)	48
Abbildung 43:	Umströmte Buhne (eigene Darstellung, in Anlehnung an Gebler 2005, 41)	59
Abbildung 44:	Überströmte Buhne (eigene Darstellung, in Anlehnung an Gebler 2005, 41)	59
Abbildung 45:	Skizze von Variante 1: linksseitige Verlegung (in Fließrichtung, in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin).....	66
Abbildung 46:	Skizze von Variante 2: Rechts- und linksseitige Verlegung (in Fließrichtung, in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin)	66

Abbildung 47:	Skizze von Variante 3: Anschließung des Altwassers//Reaktivierung des Altarms (in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin).....	67
Abbildung 48:	Skizze von Variante 4: Anschließung des Altwassers//Reaktivierung des Altarms und linksseitige Verlegung in der unteren Hälfte (in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin)	68
Abbildung 49:	Lage der Querprofile im Ist-Zustand (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)	90
Abbildung 50:	Lage der Querprofile nach Fertigstellung des ersten Bauabschnittes (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt).....	90
Abbildung 51:	Lage der Querprofile nach Fertigstellung des ersten und zweiten Bauabschnittes (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)	91
Abbildung 52:	Perspektivische Darstellung des Ist-Zustand mit Darstellung des Wasserspiegels bei HQ ₁₀ (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)	93
Abbildung 53:	Lage des Wasserspiegels bei HQ ₁₀ im Längsschnitt (Ist-Zustand, vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt).....	93
Abbildung 54:	Perspektivische Darstellung nach Fertigstellung des ersten Bauabschnittes mit Darstellung des Wasserspiegels bei HQ ₁₀ (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)	94
Abbildung 55:	Lage des Wasserspiegels bei HQ ₁₀ im Längsschnitt (nach Abschluss des ersten Bauabschnittes, vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)	94
Abbildung 56:	Perspektivische Darstellung nach Fertigstellung des zweiten Bauabschnittes mit Darstellung des Wasserspiegels bei HQ ₁₀ (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)	95
Abbildung 57:	Lage des Wasserspiegels bei HQ ₁₀ im Längsschnitt (nach Abschluss des zweiten Bauabschnittes, vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)	95
Abbildung 58:	Abflusskurve bei km 4,558 (nach Abschluss des ersten Bauabschnittes) (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt).....	97
Abbildung 59:	Zuwegbarkeit der Baustellen des ersten und zweiten Bauabschnittes mit Kennzeichnung der Baustelleneinrichtungsfläche (in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin)	100
Abbildung 60:	Aufbau einer Pontonbrücke über ein Fließgewässer (Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, Ortsverband Regensburg 2017)	101
Abbildung 61:	Fertige Pontonbrücke über ein Fließgewässer (Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, Ortsverband Regensburg 2017)	101
Abbildung 62:	Bagger der Firma „Komatsu“ (Modell PC210LC; Grayson 2015)	102
Abbildung 63:	Schreitbagger der Firma „Menzi Muck AG“ (Modell M325; Menzi Muck AG 2017)	102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einteilung und Merkmale der Gewässerstrukturgüteklassen (LAWA 1999, 11 und 16)	10
Tabelle 2:	Übersicht über die Aggregationsebenen bei dem Vor-Ort-Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer (LAWA 1999, 15).....	12
Tabelle 3:	Zu erwartende Hochwasserereignisse und die dazugehörigen Wasserstände auf Höhe des Pegelhauses für verschiedene Wiederkehrintervalle (vgl. RPAUF und Björnsen Beratende Ingenieure GmbH 2015, 147f.)	17
Tabelle 4:	Abweichungsklassen – Einteilung, Merkmale und Zuordnung der Abschnitte der Kinzig im Planungsgebiet (vgl. HMUKLV 2008 b, 9 und HMUELV 2012 a, 45 und WRRL-Viewer 2017)	22
Tabelle 5:	Flächennutzung im Planungsabschnitt der Kinzig (vgl. WRRL-Viewer 2017)	31
Tabelle 6:	Ergebnis der Siebanalyse (km 4,563).....	32
Tabelle 7:	Ergebnis der Siebanalyse (km 4,900).....	33
Tabelle 8:	Spezifische Merkmale des Referenzgewässers.....	44
Tabelle 9:	Ergebnis der Siebanalyse der Bodenprobe aus dem Verlauf der naturnahen Kinzig	47
Tabelle 10:	Anforderungen für die Hauptparameter (HP) der Gewässerstruktur zur Erreichung eines guten ökologischen Zustandes für Fließgewässertyp 9 (Umweltbundesamt 2014, 124f.)	50
Tabelle 11:	Hpn-Zustand der Gewässerstruktur für das Planungsgebiet an der Kinzig ..	52
Tabelle 12:	Legende zu Abbildung 43 und Abbildung 44 (in Anlehnung an Gebler 2005, 41)	60
Tabelle 13:	Legende der in den Varianten verwendeten Symbole	65
Tabelle 14:	Leitbild für die Gewässerentwicklungsplanung an der Kinzig	70
Tabelle 15:	Vergleich von zwei Standorten für die Installation einer Ultraschall-Durchflussmessanlage auf die Erfüllung verschiedener Kriterien	72
Tabelle 16:	Im Planungsgebiet zu beteiligende Behörden und Institutionen sowie ihre Meinung zu der Gewässerentwicklungsplanung	76
Tabelle 17:	Zusammenfassung und Priorität der Maßnahmen für das Planungsgebiet an der Kinzig	84
Tabelle 18:	Rauhigkeitsbeiwerte (vgl. LfU 2002 3, 12ff.)	89
Tabelle 19:	Abflussdaten und Randbedingungen (vgl. HLUG 2004).....	92
Tabelle 20:	Wasserstand am unteren und oberen Modellrand.....	96
Tabelle 21:	Kostenabschätzung des ersten Bauabschnittes	106
Tabelle 22:	Kostenabschätzung des zweiten Bauabschnittes.....	107
Tabelle 23:	Gewässerunterhaltungsmaßnahmen (Lehmann 2005, 136).....	108
Tabelle 24:	Berechnung des Wasserstandes (vgl. Land Hessen 2004)	144
Tabelle 25:	Bestimmung der Breite (vgl. Land Hessen 2004)	144
Tabelle 26:	Ermittlung der Profiltiefe (vgl. Land Hessen 2004).....	145

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
ADCP	deu. Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser, engl. Acoustic Doppler Current Profiler
AG	Aktiengesellschaft
ASV	Angelsportverein
Aufl.	Auflage
B	Bundesstraße
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
Bd.	Band
BDP	Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V.
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Wohnungswesen
BnatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BOK	Böschungsoberkante
bspw.	beispielsweise
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	deu. rechnergestützter Entwurf, engl. computer-aided design
cm	Zentimeter
Co.	Compagnie
d.h.	das heißt
DEKRA	Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein
deu.	deutsch
DN	Durchgangsnorm, frz. diamètre nominal
e.V.	eingetragener Verein
EG	Europäische Gemeinschaft
engl.	englisch
et al.	und weitere
EU	Europäische Union
f.	folgend
ff.	folgende
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FN	Flächennutzungsplan
frz.	französisch
g	Gramm
geb.	geboren
GEK	Gewässerentwicklungskonzept
GEP	Gewässerentwicklungsplan

ggf.	gegeben falls
GK	Geologisch Karte
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
H	historische Referenz
h	Wasserstand
ha	Hektar
HD	Hochdruck
HecRAS	Hydraulic Engineering Center – River Analysis System
HGB	Hochdruck-Gas-Brückenleitung
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HLUG	Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie
HMUELV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HMWEVL	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung
hpn-Zustand	heutige potenziell natürliche Gewässerzustand
HQ	Hochwasser(durchfluss)
Hrsg.	Herausgeber
HWG	Hessisches Wassergesetz
HWRM	Hochwasserrisikomanagement
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAGIS	Landesgeschichtliches Informationssystem Hessen
LANUV NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LEP	Landesentwicklungsplan
lfm	laufender Meter
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Lkw	Lastkraftwagen
LMB	leichte Gewichtsklasse
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
m	Meter
m ü. NN	Meter über Normalnull
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
MKULNV NRW	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

mm	Millimeter
MQ	Mittelwasser(durchfluss)
MULNV NRW	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
N	Newton
NQ	Niedrigwasser(durchfluss)
Nr.	Nummer
o.J.	ohne Jahr
OK	Oberkante
Pa	Pascal
Q	Durchfluss
R	räumliche Referenz
Red.	Redaktion
Red.	Redaktion
RL	Richtlinie
ROG	Raumordnungsgesetz
RP	Regierungspräsidium
RPAUF	Regierungspräsidium Darmstadt (Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt, Frankfurt)
s	Sekunde
St.	Stück
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
t	Tag (Bauablaufplan)
t	Tonne (Kostenabschätzung)
TR	theoretisch rekonstruierte Referenz
TU	Technische Universität
UMEG	Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit
US	deu. die Vereinigten Staaten, engl. United States
UWZ _{morp}	Mindestzielzustand
vgl.	vergleiche
VW	Versorgungsleitung für Wasser
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
z.B.	zum Beispiel

Formelzeichen

Symbol	Einheit	Beschreibung
a	m	Steigung der Schraube (spezifische Konstante; Flügelgleichung)
A	m^2	Querschnittsfläche
d_i	mm	Siebdurchmesser
d_m	mm	repräsentativer Korndurchmesser
d_s	m	Steindurchmesser
Fr^*	-	Feststoff-Froude-Zahl
g	m/s^2	Erdbeschleunigung $\rightarrow 9,81 \text{ m/s}^2$
H	m	gesamte Energiehöhe
h	m oder m ü. NN	Wasserstand
I_{So}	m/m	Sohlliniengefälle
I_U	m	benetzter Umfang
k_{St}	$\text{m}^{1/3}/\text{s}$	Rauhigkeitsbeiwert
N	-	Flügelumdrehung
n	$\text{s/m}^{1/3}$	Manning-Beiwert
p	Pa	Druck
$p/\rho_w g$	m	statische Druckhöhe
Q	m^3/s	Durchfluss
r_{hy}	m	hydraulischer Radius
T	s	Messdauer
v	m/s	Fließgeschwindigkeit
v_0	m/s	Anlaufgeschwindigkeit des hydrometrischen Flügels (spezifische Gerätekongstante; Flügelgleichung)
$v^2/2g$	m	Geschwindigkeitshöhe
z	m	Ortshöhe
ρ_s	kg/m^3	Dichte der Steine
ρ_w	kg/m^3	Dichte des Wassers $\rightarrow 1000 \text{ kg/m}^3$
τ_0	N/m^2	Sohlschubspannung
Δp	%	Siebrückstand

1. Einleitung

1.1. Vorwort

Natürliche Fließgewässer stellen einen wertvollen Lebensraum für Flora und Fauna dar und gelten aufgrund ihrer Artenvielfalt als ein besonderes Ökosystem, das auch für den Menschen im Bereich der Freizeitgestaltung und Naherholung einen hohen Stellenwert besitzt. Der Schutz der Fließgewässer sowie die Erhaltung ihrer morphologischen Struktur sollten daher im Umwelt- und Naturschutz eine wichtige Rolle spielen.

Über Jahre hinweg wurden natürliche Fließgewässer durch Eingriffe begradigt, ausgebaut, aufgestaut und eingetieft. Gründe für die erheblichen Veränderungen waren zum einen der Schutz vor Hochwasser – Umsetzung von Begradigungen kleiner und großer Fließgewässer und der Bau von Deichen unmittelbar an das Ufer („historischer Hochwasserschutz“ bis ca. 1970) –, zum anderen aber auch die optimale Bewirtschaftung von angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen. Die Schiffbarkeit der Flüsse sowie ein schnellerer und günstigerer Transport von Gütern schafften weitere wirtschaftliche Vorteile. Komplette natürliche und unveränderte Fließgewässer existieren in Deutschland nur noch vereinzelt, vorwiegend in der Alpenregion. (vgl. Christiansen 2004, 3 und BUND o.J.)

Im Gegensatz zu früher ist heute bekannt, dass eine Veränderung der Fließgewässer viele negative Auswirkungen mit sich bringt, denn Begradigung sowie Ausbau führen zu erhöhten Fließgeschwindigkeiten der Gewässer und einer Verstärkung der Hochwassergefahr im Unterlauf. Extreme Hochwasserereignisse – bedingt durch das Fehlen natürlicher Retentionsräume und einen hohen Versiegelungsgrad in Ufernähe –, der Verlust der ökologischen Durchgängigkeit sowie die Beeinträchtigung, Verkleinerung und Vernichtung von Lebensräumen sind schwerwiegende Folgen.

Seit Anfang der 80er Jahre wurde deshalb in vielen Bundesländern Deutschlands die naturnahe Umgestaltung anthropogen veränderter Fließgewässer angestrebt (vgl. Scherle 1999, XIII). Die gesetzliche Verpflichtung für die Durchführung von Renaturierungen wurde im Jahr 2000 mit der Einführung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und ihrer anschließenden Umsetzung ins deutsche bzw. hessische Recht geschaffen. Folglich sollen ausgebaut und naturferne Gewässer „so weit wie möglich wieder in einen naturnahen Zustand zurückgeführt werden“ (§ 6 Abs. 2 WHG 2017), um zumindest einen guten ökologischen Zustand zu erreichen.

Vor diesem Hintergrund und auch im Hinblick auf die Folgen des Klimawandels – häufigeres Auftreten von Extremereignissen in den Winter- und Sommermonaten – sind Renaturierungen ein wichtiges Element.

1.2. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Kinzig – ein Fließgewässer im Bundesland Hessen – fließt in ihrem Unterlauf durch das Gebiet der Stadt Hanau, bevor sie in den Main mündet. Seit 1956 betreibt das Regierungspräsidium Darmstadt (Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt, Frankfurt), kurz RPAUF, an Gewässerkilometer¹ 4,850 eine Pegelanlage mit Pegelhaus und einer Seilkrananlage, die für die Hochwasservorhersage am Main eine hohe Relevanz hat. Für die Sicherstellung eines konstanten Messquerschnittes wurde die Strecke bereits in den Jahren 1950/51 begradigt und ausgebaut.

Im Jahr 2003 wurde an der Lamboybrücke, mit der die Bundesstraße B8 über die Kinzig geleitet wird, eine Ultraschall-Durchflussmessanlage montiert (Betreiber: RPAUF). Seit Beginn der 2000er Jahre erschweren verschiedene Probleme – Lage im Landschaftsschutz- und FFH-Gebiet, Verstoß gegen die arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen, Umläufigkeit ab einem Wasserstand von 3,60 m – die Messungen an der (alten) Pegelanlage, weshalb ein zeitnaher Rückbau vorgesehen ist. Die veränderte Strömungssituation – bedingt durch den Einbau von drei Bühnen und der folglich ungleichmäßigen Anströmung im Brückenbereich, starken Auskolkungen der rechten Gewässerhälfte sowie Anlandungen in der linken Gewässerseite – führen zu verfälschten Ergebnissen der Ultraschall-Durchflussmessanlage, eine Nutzung ist aktuell nicht mehr möglich. Aus diesem Grund werden zurzeit die Messungen mit der (alten) Pegelanlage durchgeführt und die Ergebnisse einmal im Monat mit einer händischen ADCP-Messung (Mobiles Ultraschall-Doppler-Gerät, engl. Acoustic Doppler Current Profiler) kontrolliert.

Die Begradigung der Kinzig sowie ihr Ausbau – Befestigung der Sohle und Sicherung von Böschungen bzw. Gewässerbett – verhindern ihre Eigendynamik und folglich die Erreichung eines naturnahen Zustandes. Um zum einen die Anforderungen der WRRL und des Landschaftsschutz- bzw. FFH-Gebietes einzuhalten und zum anderen eine homogene und gleichförmige Anströmung im Brückenbereich sicherzustellen, ist eine Gewässerentwicklungsplanung angesetzt. Das hierfür festgelegte Planungsgebiet beginnt im Oberlauf der Pegelmessstrecke (km 5,000), erstreckt sich rund 470 m in Fließrichtung nach Westen und endet an der Lamboybrücke (km 4,528).

Im Planungsprozess soll zudem der Rückbau der (alten) Pegelanlage sowie eine Wiedernutzbarmkeit der Ultraschall-Durchflussmessanlage berücksichtigt werden. Eine enge Zusammenarbeit mit dem RPAUF, der oberen und unteren Naturschutzbehörde, der Stadt Hanau, Hessen Mobil als Betreiber der Lamboybrücke sowie der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau (genehmigte Übungs- und Trainingsstrecke innerhalb des Projektgebietes) ist daher zwingend notwendig.

¹ In der Masterthesis mit „km“ abgekürzt.

² Die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) und das Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicher-

Im Zuge dieser Masterthesis werden zu Beginn allgemeine Grundlagen einer Gewässerentwicklungsplanung betrachtet sowie die relevanten Daten des Planungsgebietes erhoben. Nach einer Bestandsaufnahme, in der anhand einer Ortsbegehung die Gewässermorphologie sowie bestehenden Nutzungen und vorhandene wasserwirtschaftliche Anlagen ermittelt werden, wird der heutige potenziell natürliche Gewässerzustand (hpn-Zustand) abgeleitet. Basierend auf diesem, wird der Ist-Zustand des Planungsgebietes bewertet.

Im Anschluss werden im Rahmen der Zielformulierung mehrere Varianten entwickelt und bewertet sowie eine Vorzugsvariante bestimmt. Unter Berücksichtigung der vorherrschenden Zielkonflikte und Restriktionen wird dann das spezifische Leitbild des Planungsgebietes hergeleitet. Zusätzlich wird unter Beachtung hydraulischer, morphologischer, physikalischer und praktischer bzw. logistischer Bedingungen eine Standortanalyse der Ultraschall-Durchflussmessanlage durchgeführt, um langfristig zuverlässige Messergebnisse zu gewährleisten. Der Vorschlag verschiedener Maßnahmen und ihre Darstellungen in einem maßstabsgetreuen Plan kennzeichnen den letzten Schritt in der Gewässerentwicklungsplanung.

Mit Hilfe eines Hochwasserneutralitätsnachweises – berechnet auf Basis des Programmsystemes HecRAS (1D-HN-Modell) – wird nachgewiesen, dass die im Rahmen der Gewässerentwicklungsplanung durchgeführte Umgestaltung der Gewässerlaufes keine Verschlechterung der Hochwassersituation bedeutet. Eine mit HecRAS durchgeführte Pegelstandortanalyse überprüft den gewählten Standort der Ultraschall-Durchflussmessanlage zudem auf seine Eignung.

Die Erstellung eines Bauablaufplanes samt Angabe der benötigten Zuwegbarkeiten, eine Abschätzung der zu erwartenden Kosten sowie die Empfehlungen für Gewässerunterhaltungsmaßnahmen schließen die Masterthesis ab.

2. Allgemeine Grundlagen

Im nachfolgenden Kapitel werden die allgemeinen Grundlagen dieser Masterthesis erläutert. Das sind zum einen die rechtlichen Rahmenbedingungen, zum anderen aber auch die Definition der wichtigen Begriffe Renaturierung, Gewässerentwicklung und Gewässerstruktur bzw. Gewässerstrukturgüte. Zusätzlich sind das Ablaufschema einer Gewässerentwicklungsplanung und der Begriff des heutigen potenziell natürlichen Gewässerzustandes, kurz hpn-Zustand, von zentraler Bedeutung.

2.1. Rechtliche Vorgaben

Die Verantwortlichen einer Gewässerentwicklungsplanung, z.B. Fachbehörden und Ingenieurbüros, müssen sich über die rechtlichen Aspekte und Vorgaben bewusst sein und dürfen diese zu keinem Zeitpunkt der Planungen vernachlässigen. Im Hinblick auf eine Renaturierung bzw. Gewässerentwicklung sind die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Hessische Wassergesetz (HWG) vorrangig zu beachten.

2.1.1. Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Mit der Einführung der Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) im Jahr 2000, die auf den generellen Schutz der Ressource Wasser abzielt und hierfür einheitliche Vorgaben aufstellt, wurde eine rechtliche Grundlage für die Mitgliedstaaten der EU geschaffen. Die in Artikel 4 Abs. 1 WRRL festgelegten Ziele sind dabei für Oberflächengewässer einzuhalten:

- Verschlechterungsverbot = Verhinderung einer „Verschlechterung des Zustandes“ (Artikel 4 Abs. 1a Nr. i WRRL 2000)
- Verbesserungsgebot = Erreichung eines guten ökologischen und chemischen Zustandes (vgl. Artikel 4 Abs. 1a Nr. ii+iii WRRL 2000)
- schrittweise Verringerung einer „Verschmutzung durch prioritäre Stoffe“ (Artikel 4 Abs. 1a Nr. iv WRRL 2000)

(vgl. Artikel 4 Abs. 1a WRRL 2000)

Nach Artikel 11 Abs. 1 WRRL sind alle Mitgliedsstaaten außerdem dazu verpflichtet, ein Maßnahmenprogramm für jede in ihrem Hoheitsgebiet liegende Flussgebietseinheit festzulegen, um die in Artikel 4 WRRL enthaltenen Ziele zu erreichen. Dabei wird zwischen grundlegenden und ergänzenden Maßnahmen unterschieden:

- grundlegende Maßnahmen (vgl. Artikel 11 Abs. 3 WRRL 2000)
 - hierbei handelt es sich um Mindestanforderungen, z.B. hydromorphologische Maßnahmen
- ergänzenden Maßnahmen (vgl. Artikel 11 Abs. 4 WRRL 2000)
 - hierbei handelt es sich um Maßnahmen, die zusätzlich ergriffen werden, um eine Erreichung der Ziele verwirklichen zu können, z.B. Rechtsinstrumente und Bauvorhaben (vgl. Anhang VI Teil B WRRL 2000)

Zudem müssen die Mitgliedsstaaten nach Artikel 13 Abs. 1 WRRL für „jede Flussgebietseinheit [...] einen Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete“ (Artikel 13 Abs. 1 WRRL 2000) erstellen, der bei Bedarf auch länderübergreifend aufgestellt werden soll (vgl. Artikel 13 Abs. 2 und 3 WRRL 2000). Ziel eines solchen Planes ist die Abstimmung mit allen wesentlichen wasserwirtschaftlichen Aktivitäten (vgl. Patt 2016, 273). Die notwendigen Angaben sind in Anhang VII WRRL aufgelistet. Dazu gehören bspw.:

- die Darstellung der allgemeinen Merkmale der Flussgebietseinheit
- die Kartierung von vorhandenen Ökoregionen des Oberflächengewässers
- die Übersicht „der signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen“ (Anhang VII Abs. A WRRL 2000)
- die Zusammenfassung der vorkommenden Schutzgebiete
- die Liste der Bewirtschaftungsziele

(vgl. Anhang VII Abs. A Nr. 2 WRRL 2000)

Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne sind „formale Instrumente der Flussgebietsplanung“ (Patt 2016, 272f.) und somit eine entscheidende Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung der vorgegebenen Bewirtschaftungsziele.

2.1.2. Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) – ausgefertigt im Jahr 2009 – werden die Vorgaben der WRRL ins deutsche Recht umgesetzt. Die allgemeinen Ziele nach Artikel 4 WRRL werden für oberirdische Gewässer in § 27 WHG aufgegriffen (vgl. § 27 WHG 2017).

Nach § 6 Abs. 2 WHG sollen „nicht naturnah ausgebaute natürliche Gewässer [...] so weit wie möglich wieder in einen naturnahen Zustand zurückgeführt werden“ (§ 6 Abs. 2 WHG 2017), wenn Gründe des Wohls der Allgemeinheit dem nicht widersprechen bzw. entgegenstehen. Dieser Paragraph impliziert die Renaturierung bzw. Gewässerentwicklung eines Fließgewässers, die nach § 67 Abs. 2 WHG auch unter den Begriff „Gewässerausbau“ fällt. Als Gewässerausbau wird „die Herstellung, die Beseitigung und die wesentliche Umgestaltung eines Gewässers oder seiner Ufer“ (§ 67 Abs. 2 WHG 2017) definiert. Zudem bedarf ein Gewässerausbau einer Plangenehmigung (nur, wenn das Vorhaben nicht der Pflicht einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegt) oder einem Planfeststellungsverfahren durch die verantwortliche Behörde (vgl. § 68 Abs. 1 und 2 WHG 2017). Um die Bewirtschaftungsziele zu erreichen, sind nach Vorgaben der WRRL für die Flussgebietseinheiten ein Maßnahmenprogramm (vgl. § 82 WHG 2017) und ein Bewirtschaftungsplan (vgl. § 83 WHG 2017) aufzustellen.

2.1.3. Hessisches Wassergesetz (HWG)

Das WHG wird durch das für das jeweilige Bundesland spezifische Wassergesetz ergänzt. In Hessen ist dies das Hessische Wassergesetz (HWG), das seit 2010 gültig ist.

Auch das HWG formuliert in § 24 Abs. 2 die Vorgabe, dass „natürliche Gewässer, die sich nicht in einem natürlichen oder naturnahen Zustand befinden, [...] sofern nicht überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit entgegenstehen, in einem angemessenen Zeitraum

wieder in einen naturnahen Zustand zurückzuführen (Renaturierung)“ (§ 24 Abs. 2 HWG 2010) sind. Im Gegensatz zum WHG fällt hier direkt der Begriff der Renaturierung.

§ 54 HWG trifft zusätzlich notwendige Ergänzungen im Bereich der Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne für Flussgebietseinheiten. So werden diese von der obersten Wasserbehörde aufgestellt (vgl. § 54 Abs. 1 HWG 2010) und durch eine Veröffentlichung im Staatsanzeiger Hessens öffentlich bekannt gemacht (vgl. § 54 Abs. 2 HWG 2010).

2.2. Abgrenzung der Begriffe Renaturierung und Gewässerentwicklung

Unter Renaturierung wird „die Herstellung oder Entwicklung naturnaher Gewässerzustände bezüglich der Morphologie, Hydrologie und Wasserqualität, die eine Wiederbesiedlung der Gewässer mit einem gewässertypischen Inventar der Flora und Fauna ermöglichen“ (Scherle 1999, 1-1), verstanden. Hierbei handelt es sich um eine wasserbauliche Maßnahme, die das Gewässer in einen möglichst naturnahen Zustand zurückführt und so weitgehend ein funktionierendes Ökosystem schafft (vgl. HMUKLV o.J. a, 126).

Gewässerentwicklung bezeichnet dagegen „das eigendynamische, durch Erosions- und Sedimentationsprozesse verursachte und durch Sukzession der Vegetation beeinflusste Entstehen naturnaher Gewässerstrukturen“ (Scherle 1999, 1-2). Es handelt sich folglich um einen natürlichen Prozess, der sich bspw. nach einer durchgeführten Renaturierung ergeben kann.

Sowohl bei einer Renaturierung als auch bei einer Gewässerentwicklung sind die verfügbaren Flächen und das sich daraus ergebende Platzangebot für den späteren Erfolg entscheidend, da erst hierdurch eine konkrete Umsetzung verschiedener Maßnahmen möglich ist.

2.3. Grundlagen einer Gewässerentwicklung

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ziele einer Gewässerentwicklung und die beiden Planungsinstrumente – Gewässerentwicklungskonzept (GEK) und Gewässerentwicklungsplan (GEP) – sowie das allgemein gültige Ablaufschema einer Gewässerentwicklung vorgestellt.

2.3.1. Ziele

Die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, kurz LfU², definiert in ihrer im Jahr 2002 veröffentlichten Arbeitsanleitung zur Erstellung von Gewässerentwicklungsplänen das Ziel einer Gewässerentwicklung als die Wiederherstellung naturnaher Gewässerbereiche, um

² Die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) und das Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit (UMEG) wurden im Jahr 2006 zur Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) zusammengeführt (vgl. LUBW o.J.).

„funktionsfähige Fließgewässer-Ökosysteme“ (LfU 2002, 6) zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Dafür sollen folgende Teilziele umgesetzt werden:

- „Naturnahe Regelung des Wasserhaushalts und des Abflussgeschehens“ (LfU 2002, 6)
- Rückführung der Gewässerstrukturen in einen naturnahen Zustand
- Verbesserung der Lebensbedingungen für die rund um das Gewässer vorkommende Flora und Fauna

(vgl. LfU 2002, 6)

Die Rahmenbedingungen, die sich aus den gesellschaftlichen Nutzungsanforderungen und einer diesbezüglich ausgerichteten Gewässerbewirtschaftung ergeben, dürfen im Planungsprozess nicht vernachlässigt werden (vgl. LfU 2002, 6). Dazu gehört z.B. die Funktion eines Gewässers als Erholungsstätte für den Menschen oder auch der generelle Schutz vor Hochwasser.

2.3.2. Gewässerentwicklungskonzept (GEK) und Gewässerentwicklungsplan (GEP)

Ein GEK umfasst das gesamte Einzugsgebiet und gilt als großräumig vorbereitender Rahmen. Es ist zudem die „Grundlage einer gewässerverträglichen, zielgerichteten, wirtschaftlichen und damit fachgerechten Gewässerunterhaltung“ (Bayrisches Landesamt für Umwelt 2007, 1) und wird in Deutschland von der zuständigen Fachbehörde erstellt. Aufbauend auf das GEK wird ein GEP erstellt, wobei jegliche Inhalte und Vorgaben des GEK zu übernehmen sind. (vgl. LfU 1992, 6 und Lehmann 2013, 1f.)

Ein GEP definiert detailliert – für einen kleinräumigen Geltungsbereich und unter Kenntnissnahme von den am Gewässer vorherrschenden spezifischen Bedingungen – Entwicklungsziele und die sich daraus ergebenden Maßnahmen. Eine Defizitanalyse zwischen Ist-Zustand und hpn-Zustand (siehe auch Kapitel 2.6., Seite 12) bildet für den GEP eine wichtige Grundlage. Bei der Aufstellung eines GEPs sind zudem die frühzeitige Einbeziehung der Fachplaner und die Berücksichtigung der Betroffenen (z.B. Verbänden und Anliegern) in den Planungsprozess wichtig, um spätere Diskussionen und Missverständnisse rechtzeitig zu vermeiden. (vgl. LfU 2002, 10f. und LfU 1992, 6 und Lehmann 2013, 1f.)

Ein GEP unterteilt sich insgesamt in die drei Bestandteile Erläuterungsbericht, Beschreibung der einzelnen Fließgewässerabschnitte und Planteil, die mit Hilfe von sechs Stufen (siehe Kapitel 2.3.3., Seite 7) erstellt werden (vgl. LfU 2002, 12f.).

2.3.3. Ablaufschema

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten erforderlichen Daten der sechs Entwicklungsstufen genannt. Im späteren Verlauf der Masterthesis werden daraufhin die für das betrachtete Gebiet spezifischen Daten ausführlich ausgearbeitet.

Stufe – Datenerhebung

Bei der Datenerhebung gilt es sämtliche für das Planungsgebiet relevante Daten und Unterlagen zu recherchieren und zu sichten. Dazu gehören bspw. die Geographie und Geologie des

Planungsgebietes, Schutzgebiete, Biotope, hydrologische und hydraulische Daten, die Typisierung des Fließgewässers und übergeordnete Planungen bzw. rechtsverbindliche Pläne. (vgl. LfU 2002, 16f. und Lehmann 2005, 53)

2. Stufe – Bestandsaufnahme

In der Bestandsaufnahme wird anhand einer Ortsbegehung die Gewässermorphologie erfasst sowie „wasserbauliche[] Anlagen und gewässerbeeinflussende[] Infrastrukturelemente“ (LfU 2002, 18) dargestellt.

3. Stufe – Erstellen des hpn-Zustandes

Der hpn-Zustand (siehe Kapitel 2.6., Seite 12), der mit Hilfe einer räumlichen, historischen und/oder theoretisch rekonstruierten Referenz (vgl. Lehmann 2005, 53) bestimmt wird, bildet die Grundlage für die Bewertung des Ist-Zustandes des Gewässers (vgl. LfU 2002, 19 und LUBW 2011, 17).

4. Stufe – Bewertung des aktuell vorhandenen Zustandes

Bei der Bewertung des aktuell vorhandenen Zustandes werden derzeitige Defizite des Fließgewässers im Gegensatz zu dem entwickelten hpn-Zustand ermittelt. Dabei wird unter anderem auf die Gewässerstrukturgüte (siehe Kapitel 2.4., Seite 9) sowie die vorherrschende Flora und Fauna eingegangen. Für die Durchführung einer übersichtlichen Bewertung empfiehlt sich zudem eine Unterteilung des Fließgewässers in einzelne Abschnitte mit ähnlichen Merkmalen. (vgl. LfU 2002, 20 und 23 und Lehmann 2013, 9)

5. Stufe – Formulierung von realisierbaren Entwicklungszielen

Die Formulierung von realisierbaren Entwicklungszielen ergibt sich aus einem Vergleich zwischen Ist-Zustand und definiertem hpn-Zustand. Nach der Arbeitsanleitung zur Erstellung von Gewässerentwicklungsplänen der LfU aus dem Jahr 2002 sind z.B. folgende Ziele von hoher Relevanz:

- Erreichung eines naturnahen Wasserhaushaltes und naturnaher Gewässerstrukturen
- Verbesserung der Lebensbedingungen für die rund um das Gewässer vorkommende Flora und Fauna
- Erholungsraum für den Menschen
- Verbesserung der Wassergüte, wenn diese nicht den gesetzlich festgelegten Anforderungen entspricht

(vgl. LfU 2002, 21 und Lehmann 2005, 51)

6. Stufe – Maßnahmenvorschläge

Abschließend erfolgen die Maßnahmenvorschläge, mit deren Hilfe eine Umsetzung der Entwicklungsziele erreicht werden soll. Die Maßnahmen werden übersichtlich in einem Plan dargestellt, priorisiert und zeitlich aufeinander abgestimmt. Dabei werden sie in drei Bereiche eingeteilt:

- Erhalten
 - Sind natürliche/naturnahe Abschnitte vorhanden, sollen diese erhalten bleiben, da sie „eine besondere Bedeutung als Reservoir für eine Wiederbesiedlung von heute degradierten Gewässerstrecken“ (LfU 2002, 22) haben.
- Entwickeln
 - Maßnahmen des Bereichs „Entwickeln“, sogenannte Initialmaßnahmen, geben lediglich einen „Anstoß für eine zukünftige Gewässerentwicklung“ (LfU 2002, 22) und zielen stark auf die anschließende Eigendynamik des Gewässers ab, z.B. Einbringen von Totholz in den Gewässerlauf.
- Umgestalten
 - Abschnitte, in denen „in absehbarer Zeit keine natürliche Eigenentwicklung des Gewässers möglich ist“ (LfU 2002, 23), bspw. verhindern der Durchgängigkeit durch Abstürze oder Wehre, bedürfen einer Umgestaltung.

(vgl. LfU 2002, 22f. und Lehmann 2005, 52f.)

2.4. Definition der Begriffe Gewässerstruktur und Gewässerstrukturgüte

Unter dem Begriff Gewässerstruktur (auch als Gewässermorphologie oder Hydromorphologie bezeichnet) werden laut Definition der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – kurz LAWA – „alle räumlichen und materiellen Differenzierungen des Gewässerbettes und seines Umfeldes verstanden, soweit sie hydraulisch, gewässermorphologisch und hydrobiologisch wirksam und für die ökologischen Funktionen des Gewässers und der Aue von Bedeutung sind“ (LAWA 1999, 9). Beispiele hierfür sind die Linienführung des Fließgewässers, die Sohlenstruktur oder die Beschaffenheit der Uferbereiche (vgl. MKULNV NRW o.J. a).

Die Gewässerstrukturgüte wird dagegen von der LAWA als „ein Maß für die ökologische Qualität der Gewässerstrukturen und der durch diese Strukturen angezeigten dynamischen Prozesse“ (LAWA 1999, 9) definiert. Sie ist somit ein Bewertungsindex, der die durch diese Strukturen ergebende ökologische Funktionsfähigkeit bestimmt und dessen Maßstab der hpn-Zustand ist. (vgl. LAWA 1999, 9)

Es existieren insgesamt sieben Klassen für die Gewässerstrukturgüte, deren Einteilung und Merkmale in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Einteilung und Merkmale der Gewässerstrukturgüteklassen (LAWA 1999, 11 und 16)

Klasse	Grad der Veränderung	Indexspanne	Kurze Beschreibung
1	unverändert	1,0 – 1,7	Die Gewässerstruktur entspricht dem potenziell natürlichen Zustand.
2	gering verändert	1,8 – 2,6	Die Gewässerstruktur ist durch einzelne, kleinräumige Eingriffe nur gering beeinflusst.
3	mäßig verändert	2,7 – 3,5	Die Gewässerstruktur ist durch einzelne, kleinräumige Eingriffe nur mäßig beeinflusst.
4	deutlich verändert	3,6 – 4,4	Die Gewässerstruktur ist durch verschiedene Eingriffe z.B. in Sohle, Ufer, durch Rückstau und/oder Nutzungen in der Aue deutlich beeinflusst.
5	stark verändert	4,5 – 5,3	Die Gewässerstruktur ist durch Kombination von Eingriffen z.B. in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder durch die Nutzungen in der Aue beeinträchtigt.
6	sehr stark verändert	5,4 – 6,2	Die Gewässerstruktur ist durch Kombination von Eingriffen z.B. in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder durch die Nutzungen in der Aue stark beeinträchtigt.
7	vollständig verändert	6,3 – 7,0	Die Gewässerstruktur ist durch Eingriffe in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder durch die Nutzungen in der Aue vollständig verändert.

2.5. Verfahren zur Ermittlung der Gewässerstrukturgüte

In Deutschland existieren für die Bewertung der Gewässerstrukturgüte grundlegend zwei verschiedene Ansätze, das „Übersichtsverfahren“ und das „Vor-Ort-Verfahren“, die sich hauptsächlich in der Ermittlungsweise unterscheiden. Das Übersichtsverfahren bewertet die Gewässerstruktur hauptsächlich auf Grundlage der Auswertung vorhandener Luftbilder und Karten, z.B. geologischer oder topografischer Karten. Zusätzlich werden Daten herangezogen, die durch die „Befragung ortskundiger Fachleute [...] oder der Unterhaltungspflichtigen“ (LAWA 2002, 2) ermittelt werden können. Es ist für diese Abschlussarbeit jedoch nicht relevant, da

die Ergebnisse zu ungenau sind, weshalb nachfolgend lediglich das Vor-Ort-Verfahren detaillierter erläutert wird.

Für das Vor-Ort-Verfahren wurden – abhängig von der Größe des zu betrachteten Fließgewässers – zwei unterschiedliche Varianten („Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer bis 10 m Breite“ und „Verfahren für mittelgroße bis große Fließgewässer über 10 m Breite“) entwickelt. Für die Bewertung wird der hpn-Zustand (siehe Kapitel 2.6., Seite 12) als Maßstab zugrunde gelegt, wodurch am Ende eine Einstufung in eine der sieben Gewässerstrukturklassen (siehe Tabelle 1, Seite 10) möglich ist (vgl. LAWA 2002, 1).

Die Bewertung wird anhand von 27 Einzelparametern (siehe Tabelle 2, Spalte 5) durchgeführt, die „besonders bewertungsrelevante Indikatoren der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern“ (LANUV NRW 2012, 8) darstellen. Diese werden wiederum 14 funktionalen Einheiten (siehe Tabelle 2, Spalte 4) und den sechs Hauptparametern Laufentwicklung, Längsprofil, Sohlenstruktur, Querprofil, Uferstruktur und Gewässerumfeld (siehe Tabelle 2, Spalte 3) zugeordnet. Das Gewässer wird für das Verfahren in etwa 100 m lange Abschnitte, ggf. auch in ein Vielfaches hiervon, eingeteilt. Durch Ortsbegehungen werden die benötigten Daten für eine Bewertung erhoben. (vgl. LAWA 1999, 13ff.)

Das Verfahren für mittelgroße bis große Fließgewässer stimmt mit der Methode für kleine bis mittelgroße Fließgewässer überein, wurde aber zusätzlich um Parameter für die Beschreibung der Aue ergänzt (vgl. Umweltbundesamt 2012). Das Bundesland Bayern überarbeitet aktuell das Vor-Ort-Verfahren und beabsichtigt in einer aktualisierten Version, die Ende 2017 erscheinen soll, auch Parameter wie die Kolmation³ zu berücksichtigen (vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt 2017 a).

³ Kolmation bezeichnet den „Eintrag und die Ablagerung von Wasserinhaltsstoffen (suspendierte und gelöste Stoffe) aus oder im porösen Sohlenkörper“ (Schälchli 1993, 19).

Tabelle 2: Übersicht über die Aggregationsebenen bei dem Vor-Ort-Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer (LAWA 1999, 15)

	Bereich	Hauptparameter	Funktionale Einheit	Einzelparameter
Gesamtbewertung	Sohle	Laufentwicklung	Krümmung	Laufkrümmung Längsbänke Besondere Laufstrukturen
			Beweglichkeit	Krümmungserosion Profiltiefe Uferverbau
		Längsprofil	Natürliche Längsprofilelemente	Querbänke Strömungsdiversität Tiefenvarianz
			Anthropogene Wanderbarrieren	Querbauwerke Verrohrungen Durchlässe Rückstau
		Sohlenstruktur	Art und Verteilung der Substrate	Substrattyp Substratdiversität Besondere Sohlstrukturen
			Sohlverbau	Sohlverbau
	Ufer	Querprofil	Profiltiefe	Profiltiefe
			Breitenentwicklung	Breitenerosion Breitenvarianz
			Profilform	Profiltyp
		Uferstruktur	Naturraumtypische Ausprägung	Besondere Uferstrukturen
			Naturraumtypischer Bewuchs	Uferbewuchs
			Uferverbau	Uferverbau
	Land	Gewässerumfeld	Gewässerrandstreifen	Gewässerrandstreifen
			Vorland	Flächennutzung Sonstige Umfeldstrukturen

2.6. Heutiger potenziell natürliche Gewässerzustand (hpn-Zustand)

Der heutige potenziell natürliche Gewässerzustand, kurz hpn-Zustand, beschreibt denjenigen Zustand eines Fließgewässers, der sich ohne anthropogene Eingriffe langfristig einstellen würde (vgl. Lehmann 2005, 48f.). Er wird in der Fachliteratur oft auch als Referenz-Zustand bezeichnet und in der Arbeitsanleitung zur Erstellung von Gewässerentwicklungsplänen der LfU (2002) wie folgt definiert:

„Der heutige potenziell natürliche Gewässerzustand [...] ist der ökologische und morphologische Zustand eines Fließgewässers, welcher sich einstellen würde, wenn der Einfluss des Menschen vom jetzigen Zeitpunkt an, am Gewässer und im Einzugsgebiet ausbliebe“ (LfU 2002, 19).

Zu solchen menschlichen Eingriffen gehören bspw. die Befestigung von Sohle und Ufer, die „künstliche Regelung des Wasserhaushaltes“ (Lehmann 2005, 48) und die Gewässerunterhaltung (vgl. Lehmann 2005, 48).

Abschließend ist zu erwähnen, dass der hpn-Zustand bei Fließgewässern nur teilweise umsetzbar ist. Es handelt sich folglich um einen Bewertungsmaßstab, der keinerlei Entwicklungsziele darstellt, da diese erst nach der Bewertung des Ist-Zustandes (Defizitanalyse) und den somit bekannten Restriktionen und unverzichtbaren Nutzungen abgeleitet werden können. Aus diesem Grund definiert Scherle (1999) das Entwicklungsziel auch als „das realistische oder integrierte Leitbild“ (Scherle 1999, 1-9). (vgl. LUBW 2011, 17)

3. Erhebung relevanter Daten des Projektgebietes

Für einen ca. 470 m langen Abschnitt des Gewässers Kinzig bei Hanau werden im nachfolgenden Kapitel die relevanten Daten für eine Gewässerentwicklungsplanung erfasst.

3.1. Geographie des Planungsgebietes

Die Kinzig entspringt auf einer Höhe von ungefähr 400 m ü. NN bei Sinntal-Sterbfritz (Hessen, Main-Kinzig-Kreis) und legt 87,2 km bis zur Mündung in den Main zurück (siehe Abbildung 1). In ihren Lauf münden mehrere kleinere Zuflüsse, z.B. der in der Gemarkung von Hanau liegende Doppelbiergraben (km 5,860; Nähe zum Planungsgebiet). Das gesamte Einzugsgebiet der Kinzig beträgt rund 1058 km². (vgl. HLNUG o.J. a und WRRL-Viewer 2017)



Abbildung 1: Verlauf der Kinzig (Kommunales Center für Arbeit – Jobcenter und Soziales, o.J., ergänzt durch die Autorin)

Der für die Gewässerentwicklung betrachtete Abschnitt liegt im Gebiet der Stadt Hanau und reicht von km 4,528 bis km 5,000. Beginnend im Oberlauf der begradigten Pegelmessstrecke (km 5,000) erstreckt sich der Abschnitt 472 m in Fließrichtung nach Westen bis zur Lamboybrücke, mit der die Bundesstraße B8 über die Kinzig geleitet wird. Abbildung 2 stellt die Lage und die Kilometrierung des Planungsgebietes dar.

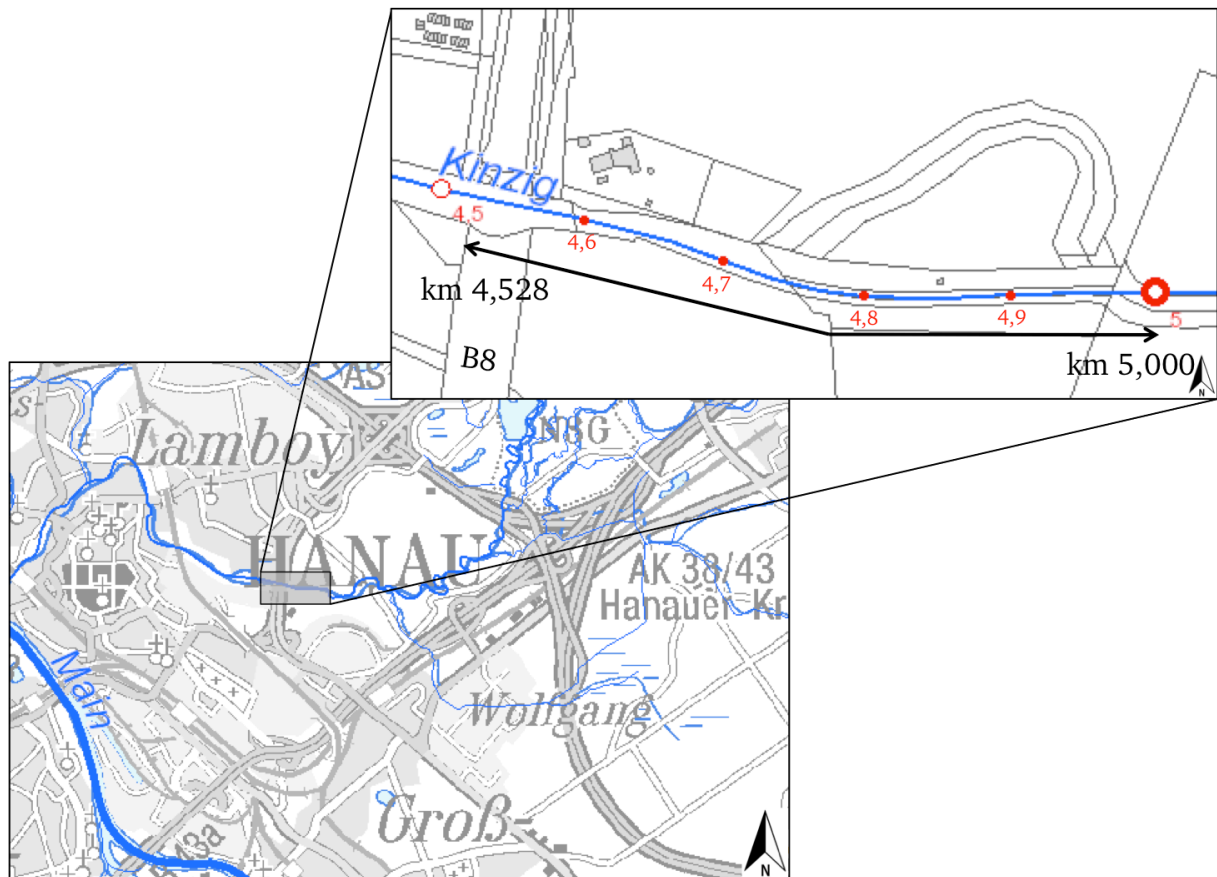


Abbildung 2: Lage und Kilometrierung des Projektgebietes (ohne Maßstab, in Anlehnung an WRRL-Viewer 2017, verändert durch die Autorin)

3.2. Geologie des Planungsgebietes

Mit dem von der „Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe“ veröffentlichten Geoviewer können online geologische Daten für Deutschland abgerufen werden. Aus der „Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (GK1000)“ geht hervor, dass der Boden des Planungsgebietes hauptsächlich aus Sand, Kies und Schotter besteht. Die Gesteine sind dabei fluvial⁴ und im Zeitalter Holozän⁵ entstanden. (vgl. BGR-Geoviewer 2017)

3.3. Hydrologische und hydraulische Daten

Das Regierungspräsidium (RP) Darmstadt (Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt, Frankfurt) – kurz RPAUF – betreibt im Planungsgebiet einen Pegel (Nr. 24784259), der Wasserstände und

⁴ Der Begriff „fluvial“ bezeichnet diejenigen Gesteine, die im Zusammenhang mit fließendem Wasser und durch Erosion, Transport und/oder Sedimentation gebildet werden (vgl. Martin 2000, 195).

⁵ Der Begriff „Holozän“ steht für die „jüngere Epoche des Quartärs, ca. 8000-10000 v. Chr. bis heute“ (Sauermost 2000, 197), auch als die geologische Gegenwart bezeichnet (vgl. Sauermost 2000, 197).

Abflüsse der Kinzig misst. Mit Hilfe der Fernübertragung werden die Daten unter anderem an das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) übermittelt und können auf ihrer Homepage eingesehen werden. Zusätzlich sind wöchentliche, monatliche und jährliche Wasserstände und Durchflüsse einsehbar. Ausführlichere Informationen zum Pegel und seinem Messprinzip sind Kapitel 4.4.1. (Seite 34) zu entnehmen. (vgl. HLNUG 2017)

3.3.1. Hochwassermeldestufen an dem Kinzigpegel

In Hessen existieren insgesamt drei Meldestufen für Hochwasserereignisse, die wie folgt eingeteilt und klassifiziert werden:

- Meldestufe I (kleines Hochwasser): „Meldebeginn überschritten, stellenweise kleine Ausuferungen.“ (LUBW + LfU 2015)
- Meldestufe II (mittleres Hochwasser): „Flächenhafte Überflutung ufernaher Grundstücke, leichte Verkehrsbehinderungen auf Gemeinde- und Hauptverkehrsstraßen, Gefährdung einzelner Gebäude, Überflutung von Kellern.“ (LUBW und LfU 2015)
- Meldestufe III (sehr großes Hochwasser): „Bebaute Gebiete in größerem Umfang überflutet, Sperrung von überörtlichen Verkehrsverbindungen, Einsatz von Deich- und Wasserwehr erforderlich.“ (LUBW und LfU 2015)

Für den Kinzigpegel gelten nach dem „Hochwasserrisikomanagementplan für das Gewässersystem Kinzig“ (erarbeitet vom RPAUF und BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH) folgende Meldewerte:

- Meldestufe I: 300 cm Wasserstand
- Meldestufe II: 370 cm Wasserstand
- Meldestufe III: 440 cm Wasserstand

(vgl. RPAUF und BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH 2015, 33)

3.3.2. Hochwasserereignisse an dem Kinzigpegel

Tabelle 3 stellt die auf Höhe des Pegelhauses zu erwartenden Hochwasserereignisse (HQ) und die dazugehörigen Wasserstände für die Wiederkehrintervalle zehn Jahre (HQ₁₀) und 100 Jahre (HQ₁₀₀) dar. (vgl. Artikel 6 Abs. 3 HWRM-RL 2007 und RP Darmstadt 2014, 10)

Zusätzlich werden zwei Spezialfälle betrachtet:

- HQ_{extrem}: Hochwasser (Extremereignis), das aufgrund der Seltenheit zu generell deutlich höheren ökologischen und ökonomischen Schäden führt, bspw. durch das Versagen von Hochwasserschutzeinrichtungen (vgl. LAWA 2010, 10)
- HQ_{100_reduziert}: Veranschaulichung der Wirkung der zwei im Einzugsgebiet der Kinzig liegenden Hochwasserschutzeinrichtungen, das Hochwasserrückhaltebecken Bruchköbel und die Kinzigtalsperre, bei einem 100-jährigen Hochwasser (vgl. RPAUF und BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH 2015, 45 und 147f.)

Die Werte für Abfluss [m^3/s] und Wasserstand [m ü. NN] sind dem „Hochwasserrisikomanagementplan für das Gewässersystem Kinzig“ entnommen. Der Wasserstand in Meter wird

aus der Differenz zwischen Wasserstand [m ü. NN] und Geländehöhe des Pegelnullpunktes der Pegelanlage [101,53 m ü. NN] berechnet.

Tabelle 3: Zu erwartende Hochwasserereignisse und die dazugehörigen Wasserstände auf Höhe des Pegelhauses für verschiedene Wiederkehrintervalle (vgl. RPAUF und Björnsen Beratende Ingenieure GmbH 2015, 147f.)

	HQ ₁₀	HQ _{100_reduziert}	HQ ₁₀₀	HQ _{extrem}
Abfluss [m³/s]	151,09	188,50	239,82	311,77
Wasserstand [m ü. NN]	105,32	105,51	105,77	106,09
Wasserstand [m]	3,79	3,98	4,24	4,56

Nach § 72 Abs. 1 WHG sind die zuständigen Behörden – die Regierungspräsidien Hessens – dazu verpflichtet, das Hochwasserrisiko anhand von Daten, wie „etwa Aufzeichnungen und Studien zu langfristigen Entwicklungen, insbesondere zu den Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Auftreten von Hochwasser“ (Artikel 4 Abs. 2 HWRM-RL 2007), zu bewerten und daraus diejenigen Gebiete zu bestimmen, für die ein signifikantes Hochwasserrisiko (Risikogebiete) besteht (vgl. § 73 Abs. 1 WHG 2017). Das Hochwasserrisiko wird dabei als „die Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses mit den möglichen nachteiligen Hochwasserfolgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten und erhebliche Sachwerte“ (§ 73 Abs. 1 WHG 2017) definiert.

Hochwasser-Gefahrenkarten stellen das Ausmaß der Überflutungen, Wassertiefe und ggf. Fließgeschwindigkeit bzw. den relevanten Wasserabfluss dar (vgl. Artikel 6 Abs. 4 HWRM-RL 2007), wohingegen Hochwasser-Risikokarten nachteilige Auswirkungen auf verschiedene Schutzgüter, wie bspw. die Anzahl der betroffenen Einwohner des Gebietes oder die „Art der wirtschaftlichen Tätigkeit“ (Artikel 6 Abs. 5 b HWRM-RL 2007), kennzeichnen. (vgl. Artikel 6 Abs. 5 HWRM-RL 2007)

Für das Plangebiet sind sowohl die Hochwasser-Gefahrenkarten als auch die Hochwasser-Risikokarten über den Hochwasserrisikomanagement-Viewer (HWRM-Viewer), eine interaktive Website zur Veranschaulichung von Hessens Hochwasserrisikomanagementplänen, abrufbar (vgl. HWRM-Viewer 2017). Die zwei nachfolgenden Abbildungen stellen die für das Planungsgebiet relevanten Ausschnitte aus der Hochwasser-Gefahrenkarte (siehe Abbildung 3) und der Hochwasser-Risikokarte (siehe Abbildung 4) mit einem Wiederkehrintervall von zehn Jahren dar. Bereits bei diesem Ereignis sind die angrenzenden Bereiche des Planungsgebietes (Waldgebiet und landwirtschaftlich genutzte Grünfläche) bis zu zwei Meter tief überflutet.

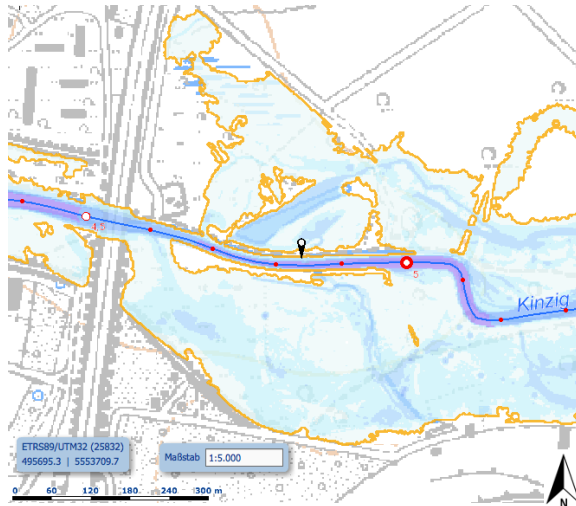


Abbildung 3: Ausschnitt aus der Gefahrenkarte HQ₁₀ (HWRM-Viewer 2017)

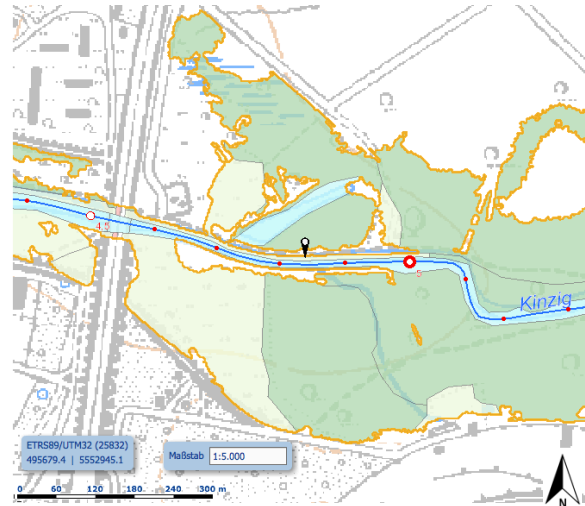


Abbildung 4: Ausschnitt aus der Risikokarte HQ₁₀ (HWRM-Viewer 2017)

Die Ausschnitte aus der Gefahren- und Risikokarte für HQ₁₀₀ bzw. HQ_{extrem} sowie die zugehörigen Legenden sind Anlage 1 (Seite 133) und Anlage 2 (Seite 134) zu entnehmen.

3.3.3. Aufzeichnungen der Wasserstandsmessungen

Die Aufzeichnungen des Wasserstandes – beispielhaft für den Zeitraum vom 13. Juni 2016 bis zum 15. Juni 2017, abrufbar auf der Website des HLNUG (siehe Anlage 3, Seite 135) – zeigen, dass dieser im letzten Beobachtungsjahr zwischen 128,03 cm (Stand: 12.09.2016) und 261,20 cm (Stand: 15.06.2016) schwankte. Folglich wurde keine Hochwassermeldestufe erreicht bzw. überschritten.

3.3.4. Aufzeichnungen der Durchflussmessungen

Ergänzend zu der Dokumentation des Wasserstandes werden auch die Ergebnisse der Durchflussmessungen – beispielhaft für den Zeitraum vom 13. Juni 2016 bis zum 15. Juni 2017, und ebenfalls abrufbar auf der Website des HLNUG (siehe Anlage 3, Seite 135) – aufgezeichnet und verdeutlichen, dass dieser im letzten Beobachtungsjahr zwischen ca. 3,04 m³/s (Stand: 12.09.2016) und 29,28 m³/s (Stand: 15.06.2016) schwankte.

3.4. Schutzgebiete / Biotope

Die aus der Festsetzung von Schutzgebieten folgenden Restriktionen sind für spätere Planungen von entscheidender Bedeutung und zu jedem Zeitpunkt zu beachten, um nachteilige Beeinträchtigungen des Eingriffes zu vermeiden bzw. zu minimieren. Aus diesem Grund ist eine enge Zusammenarbeit mit den entsprechenden zuständigen Behörden, wie der oberen Naturschutzbehörde (RP Darmstadt, Dezernat 53.1 „Naturschutz (Planungen und Verfahren)“ und Dezernat 53.2 „Naturschutz (Schutzgebiete und biologische Vielfalt)“) und der unteren Naturschutzbehörde (Stadt Hanau) notwendig, da die Kinzig im betrachteten Abschnitt durch

mehrere Schutzgebiete/Biotope fließt. Diese und die sich daraus ergebenden Vorgaben werden nachfolgend betrachtet. (vgl. RP Darmstadt 2017 a, 1)

Das Planungsgebiet ist Bestandteil eines Landschaftsschutzgebietes (siehe Abbildung 5), dessen Ziel die „Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit“ (§ 26 BnatSchG 2017) eines Naturraumes in einem bestimmten, festgelegten Gebiet ist. Jegliche Handlungen, die dieses Ziel verfehlen und so den Charakter des Gebiets beeinträchtigen, sind verboten. (vgl. Natureg Hessen 2017 und § 26 BnatSchG 2017)

Die Kinzig verläuft zudem durch die Bulau, eine nur noch selten in Deutschland vorkommende naturbelassene Auenlandschaft, die aus Auenwald und Feuchtgrünland besteht und maßgeblich durch den Verlauf des Fließgewässers und den regelmäßig auftretenden Überschwemmungen gekennzeichnet ist (vgl. Stadt Hanau 2017 a). Zusammen mit dem im Osten liegenden Erlensee (Größe: 16,5 ha) bildet die Bulau das FFH-Gebiet (Flora-Fauna-Habitat) „Erlensee bei Erlensee und Bulau bei Hanau“ (Größe: 583 ha) (siehe Abbildung 6) (vgl. Stadt Hanau 2017 a). Das Ziel eines solchen Schutzgebietes ist „die Erhaltung der natürlichen Lebensräume und der Habitate der Arten“ (Artikel 2 FFH-Richtlinie 2006). Folgende Lebensraumtypen sind laut dem vom Bundesamt für Naturschutz verfassten Steckbrief für das spezifische FFH-Gebiet kennzeichnend:

- „Magere Flachland-Mähwiesen
- Erlen-Eschen- und Weichholzauenwälder
- Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder
- Waldmeister-Buchenwälder
- Flüsse mit Gänsefuß- und Zweizahn-Gesellschaften auf Schlammbanken
- Natürliche und naturnahe nährstoffreiche Stillgewässer mit Laichkraut- oder Froschbiss-Gesellschaften“

(Bundesamt für Naturschutz 2015 a)

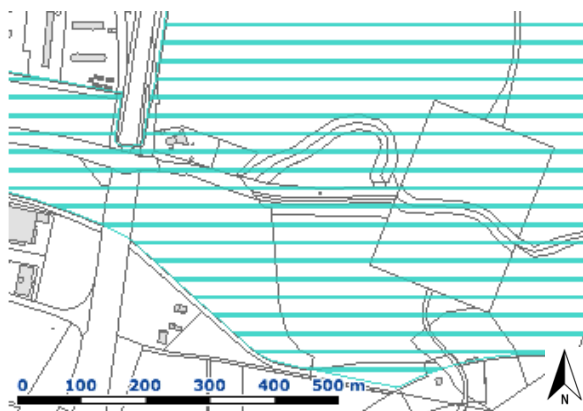


Abbildung 5: Ausschnitt des Landschaftsschutzgebietes (Natureg Hessen 2017)



Abbildung 6: Ausschnitt des FFH-Gebietes (Natureg Hessen 2017)

Einige Bereiche in der Nähe des betrachteten Abschnittes der Kinzig – z.B. das Altwasser als stehendes Gewässer „einschließlich [...] Ufer und der dazugehörigen uferbegleitenden natür-

lichen oder naturnahen Vegetation“ (§ 30 BnatSchG 2017) – sind zusätzlich als „gesetzlich geschützte Biotope (vollständig)“ gekennzeichnet (siehe Abbildung 7). In diesen sind nach § 30 BnatSchG Handlungen, die eine Zerstörung oder Beeinträchtigung der Biotope zur Folge haben, verboten. Ergänzend hierzu sind verschiedene Abschnitte durch Gehölze (siehe Abbildung 8) gekennzeichnet. (vgl. Natureg Hessen 2017 und § 30 BnatSchG 2017)



Abbildung 7: Ausschnitt aus der Karte „Hinweise zu gesetzlich geschützten Biotopen“ (Natureg Hessen 2017)



Abbildung 8: Ausschnitt aus der Karte „Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze“ (Natureg Hessen 2017)

3.5. Fischregion und vorkommende Fischarten

Mit Hilfe des Hessischen Karteninformationssystems zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL-Viewer) – eine interaktive Website des HLNUG – werden online durch Visualisierungen verschiedene Thematiken, wie z.B. Fischregionen, Daten zur Gewässerstrukturgüte und zum allgemeinen ökologischen Zustand, dargestellt. (vgl. WRRL-Viewer 2017)

Der betrachtete Abschnitt der Kinzig liegt demnach in der Barbenregion (vgl. WRRL-Viewer 2017). Laut Seifert (1983) und Sauermost (1999) besteht der Boden dieser Region hauptsächlich aus Kies, Sand und Feinsedimenten und die mittlere Wassertemperatur liegt während der Sommermonate größtenteils über 15 °C. Das Wasser ist sauerstoffreich, weist aber durch Schwebstoffe mineralischer und ggf. auch organischer Herkunft – bedingt durch Bodenerosion oder das Einleiten von Abwässern – eine merkliche Trübung auf. (vgl. Seifert 1983, 124ff. und Sauermost 1999, 229f.)

Neben der Barbe (Leitfisch der Barbenregion, siehe Abbildung 9) kommen nach den Angaben der Fangliste aus dem Jahr 2016 des örtlichen Angelsportvereins (ASV Hanau, 1. Vorsitzender: N. Gerlach) im Planungsgebiet auch die Fischarten Brachse, Flußbarsch, dreistachliger Stichling, Gründling, Hecht, Karpfen (Teichfisch), Kaulbarsch, Nase, Rapfen, Regenbogenforelle, Rotaugen, Rotfeder, Schmerle, Wels und Zander vor. (vgl. Pau 2017)



Abbildung 9: Die Barbe (Bay 2015)

3.6. Gewässerstrukturgüte

Der betrachtete Abschnitt der Kinzig wird den Gewässerstrukturgüteklassen 6 und 7 (Bewertung aus dem Jahr 2013) zugeordnet:

- Klasse 6 (sehr stark verändert): km 4,500 bis km 4,600 und km 4,900 bis km 5,000
- Klasse 7 (vollständig verändert): km 4,600 bis km 4,900

(vgl. WRRL-Viewer 2017)

Die zugehörige Kurzbeschreibung beider Klassen kann Tabelle 1 (Kapitel 2.4., Seite 10) entnommen werden. Aus dieser Einteilung wird deutlich, dass für einen naturnahen Verlauf Renaturierungsmaßnahmen erforderlich sind.

3.7. Abweichungsklasse

Abweichungsklassen beschreiben die Abweichung „vom Mindestzielzustand des morphologischen Umweltziels“ (Hugo 2012, 55) und ermöglichen so eine Lokalisierung von nicht intakten Gewässerabschnitten. Das morphologische Umweltziel, kurz UWZ_{morph} , bezieht sich darauf, dass – unabhängig vom Gewässertyp und von der Fischregion eines Gewässers – „eine bestimmte Mindestausprägung von gewässerunmittelbaren Strukturmerkmalen [...] vorhanden sein muss“ (HMUKLV 2008 a, 4), um einen Lebensraum auch als „geeignet“ bezeichnen zu können. Er wird erreicht, wenn mehr als 35 % der Gewässerabschnitte solche Strukturmerkmale aufweisen. (vgl. HMUELK 2012 a, 45)

Mit dem WRRL-Viewer können die Abweichungsklassen von Fließgewässern bestimmt werden. Der betrachtete Abschnitt der Kinzig wird in der insgesamt fünfstufigen Skala in die Abweichungsklassen 4 und 5 eingeordnet (siehe Tabelle 4). (vgl. WRRL-Viewer 2017)

Tabelle 4: Abweichungsklassen – Einteilung, Merkmale und Zuordnung der Abschnitte der Kinzig im Planungsgebiet (vgl. HMuKLV 2008 b, 9 und HMUELV 2012 a, 45 und WRRL-Viewer 2017)

Klasse	Zustand	Abweichung vom Mindestzielzustand (UWZ _{morph})	km der Kinzig
1	sehr gut	> 50 % bis 100 % (deutlich positive Abweichung)	–
2	gut	> 0 % bis 50 % (keine oder leicht positive Abweichung)	–
3	mäßig	> -33 % bis 0 % (geringe negative Abweichung)	–
4	unbefriedigend	> -66 % bis -33 % (starke negative Abweichung)	4,500 bis 4,700 4,900 bis 5,000
5	schlecht	≤ -100 % bis -66 % (sehr starke negative Abweichung)	4,700 bis 4,900

Die starken negativen bzw. sehr starken negativen Abweichungen bedeuten einen sehr hohen Renaturierungsaufwand im Planungsgebiet, um das Mindestziel des UWZ_{morph} zu erreichen (vgl. Wichowski/Marbuger 2011, 10).

3.8. Biologische Gewässergüte

Die biologische Gewässergüte – Bewertung mittels Saprobien-System⁶ – liefert einen Überblick über die „derzeitige organische Belastungssituation der Fließgewässer“ (HLUG 2010 a, 3). Dabei werden neben Makrozoobenthos⁷ und Mikroorganismen auch „physiographische Merkmale, wie die Beschaffenheit des Bachbettes, und chemische Merkmale (Temperatur, Sauerstoffgehalt, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert)“ (LUBW o.J. a) berücksichtigt. Als erstes Bundesland hat Hessen eine Gewässergütekarte (aktueller Stand: 2010) erstellt, die den Vorgaben der WRRL entspricht und somit eine Einteilung in fünf Klassen vorsieht (vgl. HMuKLV o.J. b und Anhang V Nr. 1.4.2 WRRL). Nach dieser wird das Planungsgebiet der Güteklasse 2 (gut) zugeordnet (vgl. HLUG 2010 b), Verbesserungen sind daher aus biologischer Sicht nicht notwendig.

⁶ Als Saprobien-System wird die „Zusammenstellung von Mikroorganismen-Arten (und zum Teil auch höheren Organismen; Saprobionten), die als Leitorganismen (Indikatororganismen) zur biologischen Beurteilung des Verschmutzungsgrades (Wasserverschmutzung) von Gewässern dienen“ (Sauermost 2003, 198), bezeichnet (vgl. Sauermost 2003, 198f.).

⁷ Als Makrozoobenthos werden wirbellose Tiere definiert, „die den Gewässergrund besiedeln“ (Martin 2001, 322), z.B. Schlammröhrenwürmer oder Dreikantmuscheln (vgl. Martin 2001, 322).

3.9. Gewässerlandschaft nach Briem

Deutschlands Fließgewässer sind sehr vielseitig und unterscheiden sich – abhängig von ihren „geologischen, morphologischen, klimatischen und hydrologischen“ (Umweltbundesamt 2013) Merkmalen – oft deutlich voneinander. Sie werden unter Beachtung dieser naturräumlichen Rahmenbedingungen, erst in Fließgewässerlandschaften eingeteilt und anschließend bestimmten Fließgewässertypen (siehe Kapitel 3.10., Seite 23) zugeordnet (vgl. MKULNV NRW o.J. b).

Eine Fließgewässerlandschaft wird nach Briem (2003) als ein Landschaftsraum „mit gleicher morphologischer Ausstattung der Fließgewässer“ (Briem 2003 a, 27) beschrieben. Insgesamt definiert er folgende fünf Fließgewässerlandschaften:

- „Fließgewässerlandschaften des Flach- und Hügellandes
- Fließgewässerlandschaften des Deckgebirges (Hügel-, Bergland- und Mittelgebirge)
- Fließgewässerlandschaften des Grundgebirges (Hügel-, Bergland- und Mittelgebirge)
- Fließgewässerlandschaften der Alpen
- Regionen ohne spezifische Gewässermorphologie, aber mit Bedeutung für Geschiebe, Geschiebeführung und Gewässerchemie“

(Briem 2003 b)

Das Planungsgebiet wird nach Briem der Fließgewässerlandschaft des Flach- und Hügellandes, und hier den kiesigen und sandigen Auen über 300 m Breite zugeordnet (siehe Anlage 4, Seite 136) (vgl. Briem 2003 b).

3.10. Typisierung des Fließgewässers nach EU-WRRL

Jede Fließgewässerlandschaft wird durch die Zuordnung mehrerer spezifischer Fließgewässertypen erneut unterteilt, zum einen, um die Vielseitigkeit der Fließgewässer besser darstellen zu können, zum anderen, um die Forderung einer Typisierung der Oberflächenwasserkörper nach Anhang II WRRL zu erfüllen. Fließgewässertypen sind Gruppen, die gemeinsame Eigenschaften, z.B. in der Morphologie oder der Wasserbeschaffenheit, aufweisen (vgl. Pottgiesser/Sommerhäuser 2008 a, 10). Für jeden Typ haben „Pottgiesser & Sommerhäuser“ (2008) Steckbriefe verfasst, in denen Aspekte wie eine morphologische Kurzbeschreibung, ein abiotischer Steckbrief, die Wasserbeschaffenheit, physikochemische Leitwerte und der Abfluss bzw. die Hydrologie betrachtet werden. Zudem werden die insgesamt 25 Fließgewässertypen anhand ihrer Ökoregion in verschiedene Kategorien eingeteilt (vgl. Pottgiesser/Sommerhäuser 2008 a, 7):

- Alpen und Alpenvorland (4 Typen)
- Mittelgebirge (8 Typen)
- Norddeutsches Tiefland (9 Typen)

Zusätzlich existieren:

- Ökoregion-unabhängige Typen (4 Typen)

Im Jahr 2014 ergänzte das Umweltbundesamt die bisherigen Steckbriefe um eine hydromorphologische Sichtweise, wodurch nun Auskünfte über den hpn-Zustand gegeben werden. Dieser ist die Basis für den nach der WRRL verlangten guten ökologischen Zustand. (vgl. Umweltbundesamt 2014, 1)

Die Fließgewässertypisierung spielt bspw. für eine Renaturierung oder eine Gewässerzustandsbewertung eine wichtige Rolle, da hierdurch der natürliche Zustand des Gewässers in der Region als Referenz bekannt ist und somit für Planungen als Orientierungshilfe dienen kann.

Der in dieser Abschlussarbeit untersuchte Abschnitt der Kinzig wird als Typ 9 „Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse“ eingestuft (vgl. WRRL-Viewer, 2017 a). Der von „Pottgiesser & Sommerhäuser“ erstellte Steckbrief kann auf der Homepage Wasser-Blick.net – herausgegeben von der Bundesanstalt für Gewässerkunde – eingesehen werden (vgl. Pottgiesser/Sommerhäuser 2008 b, 1ff.). Der hydromorphologische Steckbrief ist auf der Homepage des Umweltbundesamtes abrufbar (vgl. Umweltbundesamt 2014).

3.11. Übergeordnete Planungen und rechtsverbindliche Pläne

Um einen reibungsfreien Ablauf der Renaturierungsmaßnahmen zu gewährleisten, ist es wichtig, die planerischen Rahmenbedingungen für das Projektgebiet zu kennen und zu berücksichtigen. Im nachfolgenden Abschnitt werden deshalb die verschiedenen relevanten Pläne und die sich daraus ergebenden Vorgaben erläutert.

3.11.1. Regionalplan / Flächennutzungsplan / Landschaftsplan

Für die Region Frankfurt Rhein-Main gilt aktuell der „Regionalplan/Regionaler Flächennutzungsplan 2010“ (Planstand: 31.12.2016), in dem Regional- und Flächennutzungsplan vereinigt sind (vgl. RP Darmstadt 2017 b). Zusätzlich enthält dieses Planwerk auch die Vorgaben und Inhalte der Landschaftspläne der Gemeinden und Städte, also auch der Stadt Hanau, die erst durch die Aufnahme in den Flächennutzungsplan Gültigkeit erlangen (vgl. LUBW o.J. b).

Aus der Hauptkarte des Planwerks werden die entsprechenden Vorgaben für das Projektgebiet abgelesen. Es wird deutlich, dass dieses sowohl Vorranggebiet⁸ für einen regionalen Grünzug, Natur und Landschaft und den vorbeugenden Hochwasserschutz ist, als auch Vor-

⁸ Als Vorranggebiet werden Gebiete bezeichnet, „die für bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen sind und andere raumbedeutsame Nutzungen in diesem Gebiet ausschließen, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen oder Nutzungen nicht vereinbar sind“ (§ 8 Abs. 7 Nr. 1 ROG 2015).

behaltsgebiet⁹ für bestimmte Klimafunktionen und den vorbeugenden Hochwasserschutz. Zudem ist das Gebiet als „ökologisch bedeutsame Flächennutzung mit Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft“ Regionalversammlung Südhessen 2010 b, 1) festgesetzt. (vgl. Regionalversammlung Südhessen 2010 a, 1 und Regionalversammlung Südhessen 2010 b, 1)

3.11.2. Landesentwicklungsplan

In Hessen ist seit 2000 der Landesentwicklungsplan (LEP) gültig, der sich zurzeit in dem dritten Änderungsverfahren befindet (vgl. RP Darmstadt o.J.). Die Vorgaben der Landschaftsprogramme (überörtliche Ebene) fließen dabei in den LEP mit ein und werden entsprechend integriert (vgl. Land Hessen/HMWEVL o.J.). Das Planungsgebiet an der Kinzig ist als Kernraum des Biotopverbundes eingestuft (vgl. Land Hessen/HMWEVL 2017). Hierdurch soll „– neben der nachhaltigen Sicherung der heimischen Arten und Artengemeinschaften und ihrer Lebensräume – die Bewahrung, Wiederherstellung und Entwicklung funktionsfähiger, ökologischer Wechselbeziehungen in der Landschaft“ (BfN o.J.) gesichert werden.

3.11.3. Bebauungsplan

Aktuell existiert für das Projektgebiet kein Bebauungsplan (vgl. Stadtplanungsamt Hanau 2015) und somit liegen auch keine rechtlich bindenden Vorgaben der Bodenordnung vor. Aufgrund des bestehenden FFH-Gebiets ist vor der Aufstellung eines Bebauungsplanes – generell aber auch vor der Planung anderer Projekte wie bspw. einer Bundesfernstraße – laut „Art. 6 Abs. 3 der FFH-Richtlinie bzw. § 34 des Bundesnaturschutzgesetzes die Prüfung der Verträglichkeit“ (Bundesamt für Naturschutz 2015 b) des geplanten Vorhabens mit den eigentlichen Zielen des Schutzgebietes zu prüfen. Abhängig von diesem Ergebnis und den zu erwartenden Beeinträchtigungen des Schutzgebietes wird die Entscheidung über eine Zulässigkeit bzw. Unzulässigkeit des Vorhabens getroffen.

In naher Zukunft ist davon auszugehen, dass die Gemeinde Hanau in der Nähe des Planungsgebietes kein neues Baugebiet ausweisen wird. Bei Bedarf werden erst freie Wohnbauflächen genutzt, bevor eine neue Ausweisung und damit auch eine verbundene Änderung des Flächennutzungsplanes stattfinden.

3.12. Grundstückseigentümer

Die im Planungsgebiet liegenden Grundstücke sowie die angrenzenden Bereiche gehören verschiedenen Eigentümern, die vom Planungsprozess betroffen und aus diesem Grund frühzeitig beteiligt sowie integriert werden sollten. Die Eigentümer sind:

- die Stadt Hanau (Grundstücksmanagement)
- das Land Hessen (Forstverwaltung)

⁹ Als Vorbehaltsgebiete werden Gebiete bezeichnet, „in denen bestimmten raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Nutzungen besonderes Gewicht beizumessen ist“ (§ 8 Abs. 7 Nr. 2 ROG 2015).

- die Bundesstraßenverwaltung
- die Stadt Gelnhausen
- Klara und Otto Fischer (Eigentümer des mit einem Mehrfamilienhaus bebauten Grundstücks)

3.13. Gutachten und Studien

Für das Planungsgebiet selbst liegen zum aktuellen Zeitpunkt keine Gutachten und Studien im Hinblick auf vorkommende Makrozoobenthos, Wanderungshindernisse, Fisch-, Vogel- oder Muschelarten vor.

An km 2,400 wurden im Jahr 2007 eine Untersuchung der Makrozoobenthos (siehe Anlage 5, Seite 137) sowie 2009 eine Untersuchung der Fischfauna durchgeführt (siehe Anlage 6, Seite 141). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass eine Untersuchung im Planungsgebiet aufgrund gleicher Rahmenbedingungen zu einem sehr ähnlichen Ergebnis führen würde.

4. Bestandsaufnahme des Planungsgebietes

In diesem Kapitel wird die Bestandsaufnahme des Planungsgebiets durchgeführt. Dazu gehören eine Vor-Ort-Begehung, die Erfassung der vorhandenen Wasserstands- und Abflussmessungen sowie die Auswertung von Bodenproben. Zusätzlich wird die genehmigte Übungs- und Trainingsstrecke für den örtlichen Kanuverband sowie die Lage von Versorgungsleitungen betrachtet.

4.1. Ortsbegehung

Nachfolgend werden die Erkenntnisse aus der Ortsbegehung des Planungsgebietes dargestellt. Die Berechnungen der Tiefen- und Breitenvarianz sowie die Bestimmung der Profiltiefe sind in Anlage 7 (Seite 144) dargestellt.

Die Kinzig verläuft weitestgehend gestreckt, besitzt aber bei km 4,800 eine leichte Rechtskrümmung. Die Sohle ist ab km 4,650 bis zum oberen Ende des Projektgebietes ausgebaut und befestigt. Als Profil ist ein Trapezprofil mit Abweichungen bei den Böschungshöhen erkennbar. Die ökologische Durchgängigkeit ist im kompletten Projektgebiet gewährleistet, da Querbauwerke fehlen.

Der Gewässerlauf ist beidseitig mit Wasserbausteinen (Kantenlänge ca. 20 bis 30 cm, siehe Abbildung 10) befestigt (ca. 90 % intakt), wodurch die Eigendynamik der Kinzig und das Entstehen von Seitenerosionen unterbunden werden. Gleichzeitig führen die Befestigung und der fehlende Sohlenverbau zu Tiefenerosionen.



Abbildung 10: Intakte Befestigung des Gewässerlaufes mit Wasserbausteinen (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)

An einigen Stellen befinden sich die Wasserbausteine nicht mehr in ihrer ursprünglichen Position (siehe Abbildung 11). Zudem hat das Wasser einmalig den Uferbereich unter einem Baum ausgespült (km 4,655) und so gleichzeitig die Befestigung zerstört (siehe Abbildung 12).



Abbildung 11: Nicht intakte Befestigung des Gewässerverlaufes (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)



Abbildung 12: Unterstand am linksseitigen Ufer (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)

Bei km 4,650 ist eine rechtwinkelige Aufweitung der Kinzig – beidseitig um ca. drei Meter – vorhanden (siehe Abbildung 13). Dies ist gleichzeitig die Position eines ehemaligen Wehres (Bau 1951), dessen Staukörper vor ca. 15 Jahren bei einem Hochwasser eingestürzt ist. Eine turbulente Strömung und teilweise auftretende Strömungswirbel weisen auf das Vorhandensein der Gegenschwelle des Wehres hin. Die ausgebaute Sohle vor dem Wehrkörper ist zum aktuellen Zeitpunkt noch vorhanden, weshalb angenommen wird, dass auch die Tosbeckenplatte nicht zurückgebaut wurde. Ein Neubau des Wehres wurde aufgrund der fehlenden Notwendigkeit nicht in Erwägung gezogen. Die Breite des Querschnitts wird vor der Aufweitung nach dem Prinzip eines Trichters minimal verringert (von ca. 8,50 m auf ca. sieben Meter bei MQ), hauptsächlich durch Steine und ins Wasser ragende Wurzeln einiger am Ufer stehender Bäume.



Abbildung 13: Rechtwinkelige Querschnittsaufweitung bei km 4,640 (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 08.04.2017)

Unterhalb der Aufweitung sind drei Dreiecksbuhnen aus Steinen – auch Steinsporen genannt – eingebaut (siehe Abbildung 14), die die Strömung der Kinzig lenken und Kehrwasserbereiche schaffen. Zusätzlich verengen sie den Querschnitt und verringern so die Durchflussbreite.

Eine Erhöhung des Wasserspiegels bzw. eine Eintiefung der Gewässersohle sind zu erwarten. Die Buhnen sind in einem Abstand von rund acht Metern versetzt angeordnet, sodass sich in Fließrichtung links zwei und in Fließrichtung rechts eine befindet. Das „Verhältnis Länge in den Fluss zu Breite entlang der Uferlinie“ (Patt et al. 2011, 300) beträgt 1,5:1 (6 m : 4 m) und stellt daher ein typisches Verhältnis (1:1 bis 2:1 (vgl. Patt et al. 2011, 300f.)) dar. Die unterste linksseitige Buhne leitet die Strömung deutlich in die rechte Gewässerseite, was eine ungleichförmige Anströmung im Brückenbereich und eine Auskolkung¹⁰ in der rechten Gewässershälfte des Querschnittes bzw. eine Anlagerung von Sedimenten in der linken Gewässershälfte (siehe Abbildung 15) zur Folge hat.



Abbildung 14: Erste linksseitige Buhne (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)



Abbildung 15: Linksseitige Sedimentablagerung unterhalb der Lamboybrücke (eigenes Foto, aufgenommen am 02.06.2017)

Zwischen dem ersten rechten Brückenpfeiler und der befestigten Böschung befindet sich eine Anlagerung von Totholz (Stand: 30. Mai 2017) (siehe Abbildung 16). Eine Beeinflussung des Querschnittes ist hierdurch nicht zu erwarten.



Abbildung 16: Anlagerung von Totholz bei km 4,560 (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)

¹⁰ Als Auskolkung werden turbulente Strömungswirbel und -walzen definiert, die zur Entstehung von Kolken („zylindrische bis wannenförmige Hohlform im Bett oder Uferbereich von Fließgewässern“ (Martin 2001, 141f.)) oder Strudellöchern führen (vgl. Brunotte 2001, 6).

Auf Höhe von km 4,940 ragt ein umgeknickter Baum über den gesamten Querschnitt der Kinzig (siehe Abbildung 17) und beeinflusst so die Strömung in diesem Bereich. Nachteilige Auswirkungen sind nicht vorhanden.



Abbildung 17: Über den Querschnitt der Kinzig ragender, umgeknickter Baum (Blick entgegen der Fließrichtung) (eigenes Foto, aufgenommen am 08.04.2017)

Die Uferbereiche sind hauptsächlich durch einen gleichmäßigen und natürlichen Bewuchs, bestehend aus Bäumen und Sträuchern (siehe Abbildung 18), gekennzeichnet. Eine Ausnahme bilden die Böschungen im Bereich der Pegelmessstrecke, da diese für die Gewährleistung eines konstanten Messquerschnittes und hydraulisch konstanter Verhältnisse lediglich mit Gräsern bewachsen (siehe Abbildung 19) sind.



Abbildung 18: Beispielhafter Bewuchs an den Ufern der Kinzig bei km 4,650 (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 02.06.2017)



Abbildung 19: Bewuchs an der Pegelmessstrecke (Blick in Fließrichtung, eigenes Foto aufgenommen am 30.05.2017)

Folgende Pflanzenarten kommen beispielhaft im Planungsgebiet vor:

- Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*)
- Brennnessel (*Urtica*)
- Erle (*Alnus*)

- Gemeiner Windhalm (*Apera spica-venti*)
- Giersch (*Aegopodium podagraria*)
- Wiesen-Sauerampfer (*Rumex acetosa*)

An der Böschungsoberkante der Kinzig befindet sich sowohl rechts- als auch linksseitig ein öffentlicher Fußgänger- und Radweg, der im Bereich von Brücken und Einleitungsrohren asphaltiert ist. Ein Gewässerrandstreifen, der „der Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionen oberirdischer Gewässer“ (§ 38 Abs. 1 WHG 2017) dient, ist nicht vorhanden. Die Flächennutzung um den Kinzigabschnitt herum wird überwiegend durch Grünland (siehe Abbildung 20) und Mischwald (Bulau) bestimmt. Daneben sind ein Mehrfamilienhaus (Siedlung, siehe Abbildung 21) und die Brücke der B8 (Lamboybrücke, Verkehr) vorhanden.




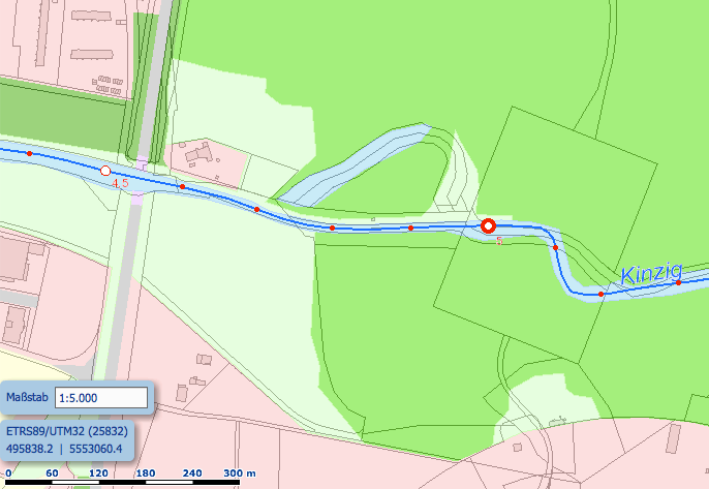





Abbildung 20: Grünland (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)



Abbildung 21: Mehrfamilienhaus (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)

Tabelle 5 fasst die Flächennutzung sowie deren spezifische Lage zusammen.

Tabelle 5: Flächennutzung im Planungsabschnitt der Kinzig (vgl. WRRL-Viewer 2017)

Symbol	Bedeutung	Kartenausschnitt
	Siedlung	
	Verkehr	
	Gewässer	
	Grünland	
	Laubwald	
	Mischwald	

4.2. Auswertung der Bodenproben

Für die Bestimmung des Sohlensubstrates sind die Durchführung einer Siebanalyse sowie die Ableitung einer Kornverteilungskurve notwendig. Am 2. Juni 2017 wurden deshalb repräsentativ zwei Bodenproben (km 4,900 und km 4,563) entnommen und am 6. Juni 2017 für 48 Stunden im Ofen des Wasserbaulabors der TU Darmstadt bei 105 °C getrocknet. Die dazugehörige Korngrößenverteilung wurde am 8. Juni 2017 mit Hilfe einer Siebanalyse bestimmt. Der repräsentative Korndurchmesser d_m wird nach dem Ansatz von Meyer-Peter und Müller (1949) (siehe Formel (1)) berechnet (vgl. Lehmann 2016, 47):

$$d_m = \frac{\sum(d_i \times \Delta p)}{\sum \Delta p} \quad (1)$$

mit

- d_m : repräsentativer Korndurchmesser [mm]
 d_i : Siebdurchmesser [mm]
 Δp : Siebrückstand [%]

Tabelle 6 und Tabelle 7 stellen die Ergebnisse der Siebanalyse dar. Die dazugehörige Körnungslinien sowie eine allgemeine Übersicht der Kornfraktionen befinden sich in den Anlagen 8 bis 10 (Seite 146 bis 148).

Tabelle 6: Ergebnis der Siebanalyse (km 4,563)

Kinzig – Bodenprobe bei km 4,563					
Korngröße		Rückstände		Durchgangssumme	$d_i \cdot \Delta p$
Sieb 1	40,000 mm	0 g	0,00 %	100,00 %	0,000 mm%
Sieb 2	8,000 mm	22 g	2,48 %	97,52 %	19,865 mm%
Sieb 3	3,000 mm	13 g	1,47 %	96,05 %	4,402 mm%
Sieb 4	1,000 mm	9 g	1,02 %	95,03 %	1,016 mm%
Sieb 5	0,500 mm	79 g	8,92 %	86,11 %	4,458 mm%
Sieb 6	0,400 mm	172 g	19,41 %	66,70 %	7,765 mm%
Sieb 7	0,300 mm	198 g	22,35 %	44,35 %	6,704 mm%
Sieb 8	0,250 mm	136 g	15,35 %	29,00 %	3,837 mm%
Sieb 9	0,125 mm	162 g	18,28 %	10,72 %	2,286 mm%
Sieb 10	0,063 mm	44 g	4,97 %	5,75 %	0,313 mm%
Auffangschale	0,000 mm	51 g	5,75 %	0,00 %	0,000 mm%
Summe		886 g	100,00 %	$d_m =$	0,506 mm

Das Ergebnis der ersten Bodenprobe (km 4,563) enthält einige größere Steine mit einem Durchmesser zwischen acht und 40 mm sowie geringe Mengen an Grobschluff (0,020 bis 0,063 mm). Dennoch besteht die Probe zu einem Großteil aus Fein- (0,063 mm bis 0,200 mm) und Mittelsand (0,200 bis 0,630 mm). Der ermittelte repräsentative Korndurchmesser beträgt $d_m = 0,506$ mm.

Tabelle 7: Ergebnis der Siebanalyse (km 4,900)

Kinzig – Bodenprobe bei km 4,900					
Korngröße		Rückstände		Durchgangs- summe	$d_i \cdot \Delta p$
Sieb 1	40,000 mm	0 g	0,00 %	100,00 %	0,000 mm%
Sieb 2	8,000 mm	1 g	0,12 %	99,88 %	0,965 mm%
Sieb 3	3,000 mm	2 g	0,24 %	99,64 %	0,724 mm%
Sieb 4	1,000 mm	1 g	0,12 %	99,52 %	0,121 mm%
Sieb 5	0,500 mm	151 g	18,21 %	81,31 %	9,107 mm%
Sieb 6	0,400 mm	242 g	29,19 %	52,12 %	11,677 mm%
Sieb 7	0,300 mm	182 g	21,95 %	30,17 %	6,586 mm%
Sieb 8	0,250 mm	74 g	8,93 %	21,24 %	2,232 mm%
Sieb 9	0,125 mm	89 g	10,74 %	10,50 %	1,342 mm%
Sieb 10	0,063 mm	50 g	6,03 %	4,47 %	0,380 mm%
Auffangschale	0,000 mm	37 g	4,47 %	0,00 %	0,000 mm%
Summe		829 g	100,00 %	$d_m =$	0,331 mm

Die zweite Bodenprobe (km 4,900) enthält vorwiegend Substrate mit einem Durchmesser von 0,063 bis 0,500 mm, also Fein- (0,063 bis 0,200 mm) und Mittelsand (0,200 bis 0,630 mm). Der ermittelte repräsentative Korndurchmesser ist $d_m = 0,331$ mm.

Aufgrund der Abweichungen in der Zusammensetzung der Bodenproben liegt im Planungsgebiet eine mäßige Substratdiversität vor. Insgesamt treten dennoch nur geringe Substratunterschiede auf und der Umfang von zwei der drei vorkommenden Substrate ist gering. (vgl. LAWA 1999, 113)

4.3. Ablauf des Hochwassers aus der Bulau in die Kinzig

Im Planungsabschnitt befinden sich insgesamt zwei Einleitungen, die während einer Hochwassersituation genutzt werden. Durch die drei aus Beton hergestellten Ableitungsrohre (siehe Abbildung 22, DN600) strömt rechtsseitig bei km 4,673 überschüssiges Wasser aus der Bulau in die Kinzig. Der gesamte angrenzende Bereich (siehe Abbildung 23) ist währenddessen überflutet.



Abbildung 22: Ableitungsrohre bei km 4,680 (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)



Abbildung 23: Bei Hochwasser überflutete Fläche hinter den Rohren (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)

Ähnliches gilt für das Altwasser (km 4,735; siehe Abbildung 24), das bei mittlerem Abfluss (MQ 2011: $9,50 \text{ m}^3/\text{s}$ (vgl. HLNUG Wiesbaden 2011)) nicht an die Kinzig angeschlossen ist. Bei Hochwasser wird es durch einen Einlass aus Stahlbeton (Höhe: 150,0 cm, Breite: 171,5 cm) an die Kinzig angeschlossen (siehe Abbildung 25), erst gegen die Strömung und bei stärkerem Hochwasser mit der Strömung.



Abbildung 24: Zulauf in die Kinzig bei km 4,735 (eigenes Foto, aufgenommen am 02.06.2017)



Abbildung 25: Altwasser (eigenes Foto, aufgenommen am 30.05.2017)

4.4. Bestehende Wasserstands- und Abflussmessenanlagen

Aktuell arbeitet das RPAUF im Planungsabschnitt mit zwei Wasserstands- und Abflussmessenanlagen. Nachfolgend werden diese sowie das jeweils verwendete Messprinzip erläutert.

4.4.1. Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkrananlage für Flügelmessungen

Seit 1956 betreibt das RPAUF in der Bulau an km 4,850 eine Pegelanlage mit Pegelhaus und einer Seilkrananlage (Messstellen-Nr. 24784259) (siehe Abbildung 26), die für die Hochwas-

servorhersage am Main von entscheidender Bedeutung ist. Diese Lage wurde gewählt, da die Kinzig auf dieser Strecke geradlinig verläuft (Begradigung und Ausbau in den Jahren 1950/51) und so ein dauerhaft konstanter Querschnitt und homogene bzw. gleichförmige Anströmverhältnisse – Voraussetzung für zuverlässige Messergebnisse – gewährleistet werden. Der im Jahr 1980 ausgebildete Querschnitt ist Anlage 11 (Seite 149) zu entnehmen.

Das Einzugsgebiet beträgt 921,20 km² und der Pegelnullpunkt liegt bei 101,53 m ü. NN. Die an diesem Punkt gemessenen Wasserstände und Durchflüsse werden per Datenübertragung weitergeleitet und können online auf der Homepage des HLNUGs abgerufen werden. (vgl. HLNUG 2017)



Abbildung 26: Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkrananlage für Flügelmessungen (eigenes Foto, aufgenommen am 08.04.2017)

Bis 1975 wurde der Wasserstand durch das Schwimmersystem – untergebracht im Pegelhaus – ermittelt. Seit Oktober 1975 wird mit einem Einperlpegel gemessen, bei dem über eine Messleitung aus Kunststoff Druckluft in das Wasser eingeperlt wird. So stellt sich derjenige Druck ein, der „direkt dem hydrostatischen Druck über der Einperlöffnung proportional“ (Siedschlag 2015, 234) ist. Der Wasserstand ergibt sich anschließend aus der Differenzbildung zwischen „barometrischen Luftdruck und [...] Druck über der Einperlöffnung“ (Siedschlag 2015, 234) und wird an einem Messgerät abgelesen (siehe Abbildung 27). (vgl. Siedschlag 2015, 234 und Morgenschweis 2010, 52f.)

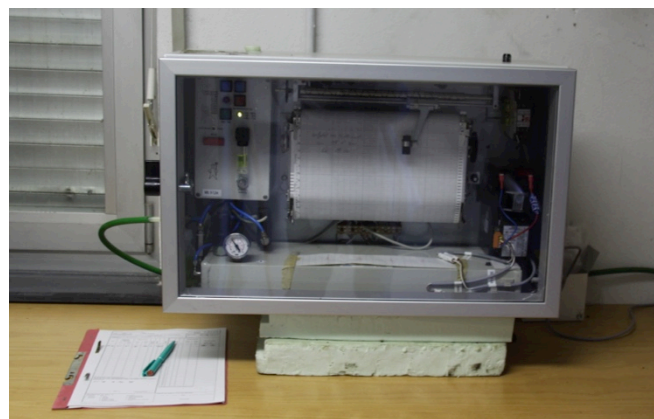


Abbildung 27: Messgerät des Einperlpegels im Pegelhaus der (alten) Pegelanlage (eigenes Foto, aufgenommen am 02.08.2017)

Zusätzlich besitzt der Pegel eine Seilkrananlage, an der das Messinstrument – hydrometrischer Flügel (siehe Abbildung 28) – mit Hilfe von über den Messquerschnitt gespannten Seilen an die gewünschte Position im Wasser gebracht wird. Ein Zählgerät misst die Umdrehungen des Flügels und berechnet über die spezifische Flügelgleichung (siehe Formel (2), Teil 1) die mittlere Fließgeschwindigkeit im Messpunkt (vgl. Ostrowski 2015, 24). Der Durchfluss ergibt sich mit bekannter Querschnittsfläche A aus der Kontinuitätsgleichung (siehe Formel (2), Teil 2). (vgl. LUBW 2014, 16 und Morgenschweis 2010, 118f.)

$$v = v_0 + a \times \frac{N}{T} \text{ und } Q = v \times A \quad (2)$$

mit:

- v : Fließgeschwindigkeit [m/s]
- v_0 : Anlaufgeschwindigkeit des Flügels (spezifische Gerätekongstante) [m/s]
- a : Steigung der Schraube (spezifische Konstante) [m]
- N : Flügelumdrehung [-]
- T : Messdauer [s]
- Q : Durchfluss [m³/s]
- A : Querschnittsfläche [m²]



Abbildung 28: Hydrometrischer Messflügel im alten Pegelhaus an der Kinzig (eigenes Foto, aufgenommen am 26.04.2017)

Eine schematische Darstellung dieser Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkrananlage ist Anlage 12 (Seite 150) zu entnehmen.

4.4.2. Ultraschall-Durchflussmessanlage

Seit 2003 betreibt das RPAUF an der Lamboybrücke zusätzlich eine Ultraschall-Durchflussmessanlage. Das Messprinzip sowie die allgemeinen Vorgaben bei der Standortwahl einer solchen Anlage werden nachfolgend erklärt.

Messprinzip

Die Laufzeitdifferenz von Schallimpulsen wird zwischen zwei Wandlern gemessen, da „diese direkt proportional zur Fließgeschwindigkeit im Messpfad und damit bei bekannter Querschnitts- und Strömungsgeometrie proportional zum Durchfluss“ (Quantum Hydrometrie

2011, 6) ist. Für die Berechnung der Querschnittsfläche ist gleichzeitig aber auch eine Wasserstandsmessung notwendig, da die durchströmte Fläche aufgrund des freien Wasserspiegels der Kinzig immer vom Wasserstand abhängt (siehe Kapitel 4.4.3., Seite 37).

Die zwei für das Aussenden bzw. Empfangen der Schallimpulse benötigten Wandler sind an einem links- und einem rechtsseitigen Pfeiler (siehe Abbildung 29) in einem Winkel von ca. 45° angebracht (Einfadanlage, siehe Abbildung 30). Um zuverlässig schwankende Wasserstände messen zu können, sind seit 2006 an jedem Pfeiler jeweils zwei übereinanderliegende Sensoren mit einem Höhenunterschied von etwa einem Meter montiert. Die benötigte Elektronik – Datenerfassungs- und Datenübertragungsmessgeräte – sind in einem Pegelhaus untergebracht, das sich in unmittelbarer Nähe zur Brücke befindet. (vgl. Quantum Hydrometrie 2011, 6 und 25 und Morgenschweis 2010, 411)



Abbildung 29: Montierter Wandler an einem Pfeiler der Lamboybrücke (eigenes Foto, aufgenommen am 02.06.2017)

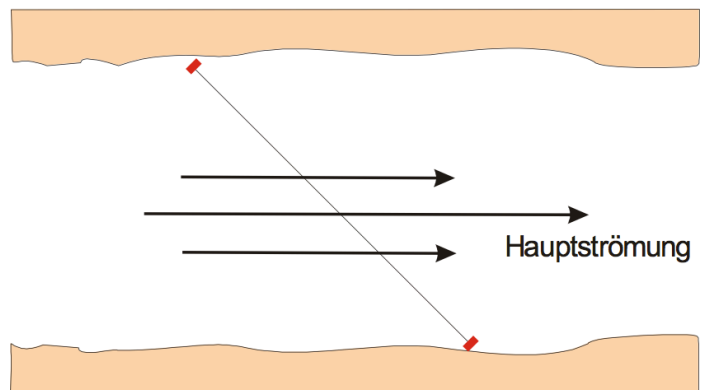


Abbildung 30: Prinzip einer Einfadanlage (Quantum Hydrometrie 2011, 25)

Allgemeine Vorgaben bei der Standortwahl einer Ultraschall-Durchflussmessanlage

Der Standort für die Nutzung einer Ultraschall-Durchflussmessanlage muss exakt evaluiert werden, da die Erfüllung von hydraulischen, morphologischen, physikalischen und praktischen bzw. logistischen Bedingungen für die Gewährleistung langfristig zuverlässiger Ergebnisse wichtig ist. Das Unternehmen Quantum Hydrometrie hat hierzu den Leitfaden „Bau und Betrieb von Ultraschall-Durchflussmessanlagen“ (aktuelle Fassung von 2011) veröffentlicht, der in der Fachliteratur ausdrücklich empfohlen wird. Danach zeichnen einen guten Standort vor allem eine optimale Anströmung, bedingt durch einen geraden Verlauf des Fließgewässers, sowie ein stabiler und frei von Ablagerungen, Auskolkungen und Bewuchs vorhandener Messquerschnitt aus. In Anlage 13 (Seite 151) sind alle allgemeinen Vorgaben für die Standortwahl tabellarisch zusammengefasst. (vgl. Quantum Hydrometrie 2011, 23ff.)

4.4.3. Wasserstandsmessung mit Radar

Die Wasserstandsmessung erfolgt mit einem Wasserstandsradar (siehe Abbildung 31), der mittig unter der Lamboybrücke montiert ist und elektromagnetische Wellen aussendet. Diese

werden an der Oberfläche des Wassers reflektiert und anschließend vom Messgerät empfangen. Der Wasserstand errechnet sich dadurch, dass „die Laufzeit der Impulse [...] proportional zu der Entfernung der Wasseroberfläche“ (Bayrisches Landesamt für Umwelt 2017 b) ist. (vgl. Bayrisches Landesamt für Umwelt 2017 b)



Abbildung 31: Wasserstandsradar unter der Lamboybrücke (eigenes Foto, aufgenommen am 12.07.2017)

4.4.4. ADCP-Messboot

Sowohl die (alte) Pegelanlage als auch die Ultraschall-Durchflussmessanlage liefern aufgrund verschiedener Problematiken (siehe Kapitel 6.3.4., Seite 60 und Kapitel 6.3.1., Seite 57) keine einwandfreien und zuverlässigen Messergebnisse. Aus diesem Grund wird zur Überprüfung der Ergebnisse einmal im Monat von der Lamboybrücke aus eine händische ADCP-Messung (Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser, engl.: Acoustic Doppler Current Profiler) durchgeführt. Das Messgerät selbst ist dabei an einem Boot montiert (siehe Abbildung 32). Die von der ADCP-Sonde Richtung Sohle ausgesendeten Schallsignale werden von den im Gewässer vorkommenden Stoffen reflektiert und als Echo zurückgesendet. Der Dopplereffekt geht von einer „Frequenzverschiebung zwischen gesendetem und empfangenem“ (Kiencke et. al. 2008, 85) Signal aus, wodurch Rückschlüsse auf die Partikelbewegung und somit auch auf die Fließgeschwindigkeit möglich sind (Annahme: die beiden Bewegungsgeschwindigkeiten sind identisch). Der Durchfluss ist bekannt, wenn das Messboot die gesamte Querschnittsstrecke zurückgelegt hat. Die Auswertung einer solchen ADCP-Messung und die Darstellung eines aufgenommenen Messprofils – beispielhaft vom 2. August 2017 – ist in Anlage 14 (Seite 153) dargestellt.

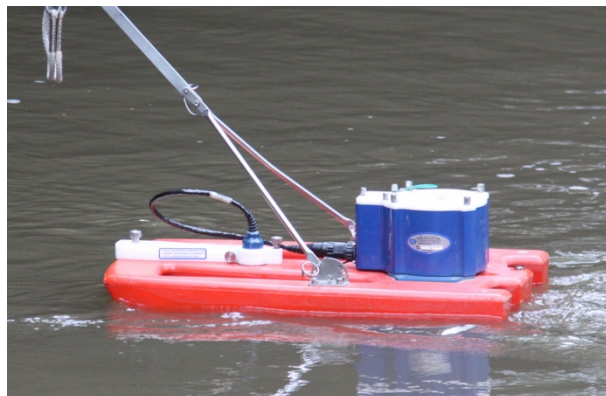


Abbildung 32: ADCP-Messboot (eigenes Foto, aufgenommen am 02.08.2017)

4.5. Nutzung eines Teilabschnittes als Übungsstrecke für Kanuten

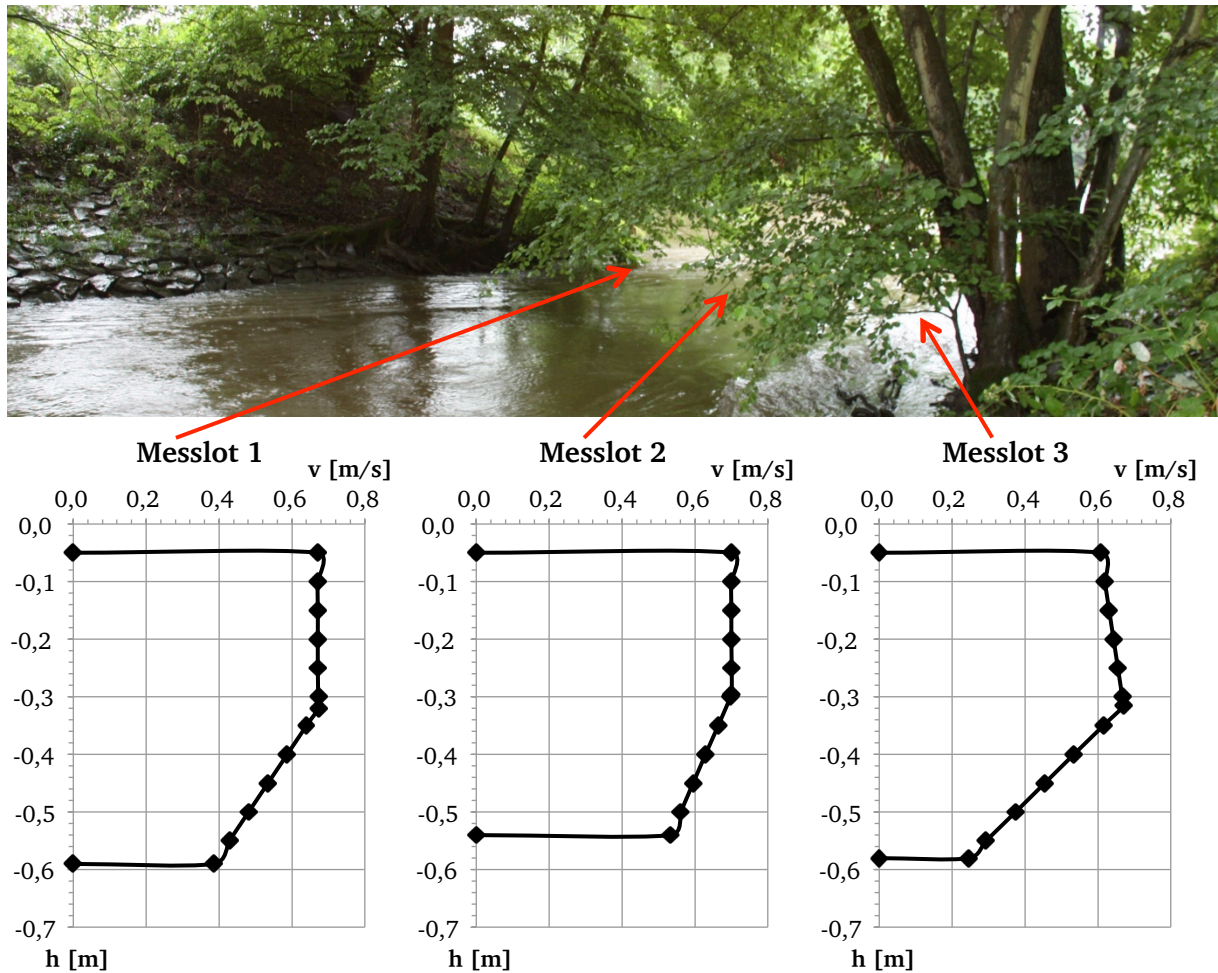
Zwischen km 4,590 und km 4,640 sind 50 Meter als Übungs- und Trainingsstrecke für die Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau freigegeben. Als Nutzer der Strecke ist sie in der weiteren Gewässerentwicklungsplanung zu beteiligen und einzubeziehen.

Für die Ausübung der Disziplin Kanuslalom ist das Aufhängen von Toren bzw. einzelnen Stangen an Drahtseilen, die von den Kanuten mit oder gegen die Strömung durchfahren werden (vgl. Deutscher Kanu-Verband 2008), notwendig. Die Drahtseile werden zwischen gegenüberliegenden, an der Böschungsoberkante positionierten, Metallpfosten gespannt. Insgesamt sind an der rechten Böschungsoberkante 13, an der linken sieben Pfosten vorhanden (Abstand zwischen 2,90 m und 3,50 m), aber nur drei Drahtseile sind gespannt.

Die drei in diesem Abschnitt vorhandenen Dreiecksbuhnen wurden vor ca. 15 Jahren auf Wunsch der Kanugesellschaft eingebaut und werden bei MQ von der Kinzig umströmt. Das Prinzip solcher Buhnen ähnelt dem einer inklinanten Buhne, also einer stromaufwärts ausgerichteten Buhne, die für einen guten Uferschutz, aber auch eine hohe Verlandungsrate sorgt (vgl. Söhngen/Hentschel 2001, 8 und Patt et al. 2011, 298 und 301). Ihr Einbau führt zu einer Verringerung der Querschnittsbreite, woraus eine Erhöhung der Wassertiefe bzw. eine Eintiefung der Gewässersohle resultiert. Die Buhnen sollen die Strömung der Kinzig in die Gewässermitte lenken und gleichzeitig Kehrwasserbereiche für Wendemanöver schaffen. Durch die Umströmung der Buhnen leitet die untere linksseitige Buhne die Strömung jedoch auf das rechte Ufer. Ufererosion, eine ungleichförmige Anströmung im Brückenbereich und das so bedingte Entstehen einer Anlandung (linke Gewässerhälfte) bzw. von Auskolkung (rechte Gewässerhälfte) sind die Folge.

4.6. Ergebnisse der Fließgeschwindigkeitsmessung

Am 27. Juni 2017 wurden zusammen mit Herrn Bindernagel – Mitarbeiter der TU Darmstadt, Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik – Fließgeschwindigkeiten innerhalb des Planungsgebietes gemessen. Als Messinstrument wurde das Gerät „Flo-Mate“ (Model 2000) von Marsh McBirney verwendet. An zwei Querprofilen (km 4,670 und km 4,850) wurden die Fließgeschwindigkeiten auf Höhe des linken und rechten Böschungsfußes sowie mittig des Gewässerlaufs gemessen. Am Messlot wurde an jeweils drei Punkten (fünf Zentimeter unterhalb der Wasseroberkante, fünf Zentimeter oberhalb der Sohle und mittig davon) die Fließgeschwindigkeit bestimmt. Dabei wurden repräsentativ drei Werte abgelesen (siehe Anlage 15, Seite 155 und Anlage 16, Seite 156). Für die Erstellung einer Fließgeschwindigkeitsverteilung (siehe Abbildung 33 und Abbildung 34) wurden diese gemittelt, zusätzlich benötigte Werte wurden interpoliert. Die roten Pfeile stellen dabei die Lage des Messlotes im Querschnitt dar.



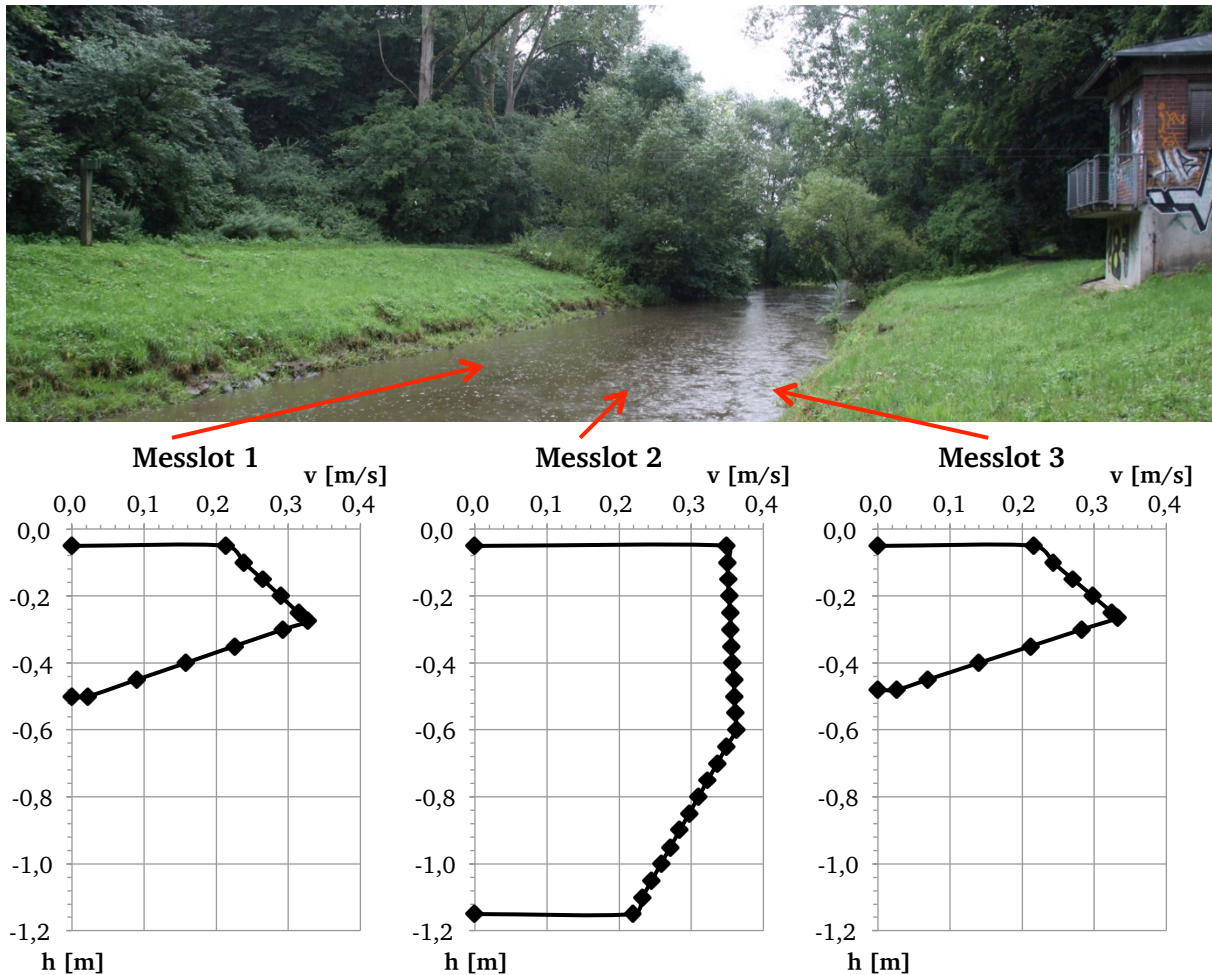


Abbildung 34: Gemessene Strömungsprofile bei km 4,850 (eigenes Foto, aufgenommen am 12.07.2017)

4.7. Brücke B8 (Lamboybrücke)

Mit der im Jahr 1967 neu erbauten Lamboybrücke (siehe Abbildung 35) wird die B8 über die Kinzig geleitet (Betreiber: Hessen Mobil¹¹). Die Spannbetonplattenbrücke mit Verdrängungsrohren hat eine Gesamtlänge von 50,72 m und eine Gesamtbreite von 33 m. Insgesamt stützen Widerlager und acht massive Pfeiler die Brücke. Die Widerlager sind nicht sichtbar, da sie verfüllt wurden. Die Pfeiler haben die Abmessungen 1,50 m x 0,90 m.



Abbildung 35: Grobe Skizze der Lamboybrücke (ohne Maßstab, Hessen Mobil 2017, 4)

¹¹ „Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement“ ist die obere Landesbehörde in Hessen, die neben der Planung und dem Bau neuer Verkehrsstraßen auch für die Genehmigung zugehöriger Anträge sowie die Verwaltung der Verkehrsstraßen zuständig ist.

Der Einbau der Buhnen veränderte die Strömungslinie und führte im Jahr 2007 zu einer starken Auskolkung und Unterspülung des ersten rechtsseitigen Pfeilers (betrachtet in Fließrichtung der Kinzig). Um die Standsicherheit des Pfeilers zu sichern und der Unterspülung entgegenzuwirken, wurden als Sofortmaßnahme ca. 190 m³ Flussbausteine eingebaut. Die langfristige Kolksanierung fand durch Einbau von Unterwasserbeton statt. Hierfür wurde um die ersten zwei Pfeiler ein wasserdichter Spundwandkasten eingelassen und nach dem Prinzip des Contractor-Verfahrens¹² Unterwasserbeton eingespritzt (siehe Abbildung 36). (vgl. Hofmann o.J., 6ff.)



Abbildung 36: Einbau des Unterwasserbetons (Hofmann o.J., 9)

4.8. Lage von Versorgungsleitungen

Alle im Planungsgebiet vorkommenden Versorgungsleitungen verlaufen unterhalb der Lambboybrücke in Nord-Süd-Richtung (ca. km 4,535), weshalb bei den späteren Planungen keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen notwendig sind. Dazu gehören:

- Gas (HGB¹³ HD¹⁴ 150 St)
- Niederspannung (S04723¹⁵ NAYY¹⁶ 4x150 170.3 m)
- Steuerkabel (M00641¹⁷ Pmbc¹⁸ 20x2x0,8 98.3 m)
- Wärme
- Wasser (VW¹⁹ 250 St)

(vgl. Hanau Netz GmbH 2017)

¹² Bei dem Contractor-Verfahren „wird der Beton durch ortsfeste Trichter mit bis auf den Boden reichenden Schüttrohr von 20 bis 30 cm Durchmesser eingebracht“ (LKG – Ingenieurbüro für Bautechnik 2017).

¹³ Hochdruck-Gas-Brückenleitung

¹⁴ Hochdruck

¹⁵ interne Kabelnummer der Hanau Netz GmbH

¹⁶ N = Genormte Ausführung; A = Leiterart: Aluminium; Y1 = Isolierwerkstoff: PVC; Y2 = Mantel: PVC-Isolierung

¹⁷ interne Kabelnummer der Hanau Netz GmbH

¹⁸ Bleimantelkabel

¹⁹ Versorgungsleitung für Wasser

5. Erstellung des heutigen potenziellen natürlichen Gewässerzustandes

Der heutige potenziell natürliche Gewässerzustand, kurz hpn-Zustand (Definition siehe Kapitel 2.6., Seite 12), wird unter Berücksichtigung von drei Referenzen – räumliche, historische und theoretisch rekonstruierte Referenz – und der sich daraus ergebenden gemeinsamen Schnittmenge entwickelt (vgl. Lehmann 2005, 49f.). Im nachfolgenden Kapitel werden diese drei Referenzen erklärt, konstruiert und anschließend der hpn-Zustand für das Planungsgebiet entwickelt.

5.1. Darstellung der räumlichen Referenz

Für die Darstellung der räumlichen Referenz wird ein idealerweise „weitgehend unbeeinflusstes, typologisch vergleichbares Gewässer in dem selben Naturraum“ (Lehmann 2005, 50) gewählt, das zusätzlich Ähnlichkeiten hinsichtlich weiterer Faktoren wie Größe, Geologie und Vegetation aufweist. In der Fachliteratur wird dieses Gewässer häufig auch als Vorbild- oder Referenzgewässer bezeichnet. Heutzutage wird die Herleitung der räumlichen Referenz immer schwieriger, da anthropogene Eingriffe an den meisten Fließgewässern Deutschlands vorzufinden sind (vgl. Patt et al. 2011, 105). (vgl. Lehmann 2005, 50 und LfU 2002, 19)

Die Kinzig besitzt oberhalb des Planungsgebietes im Bereich der Bulau einen relativ naturnahen Zustand (km 6,600 bis 6,900; siehe Abbildung 37), der als Referenzgewässer für die Darstellung der räumlichen Referenz geeignet ist und daher verwendet wird.

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird genauer auf die wichtigsten Merkmale sowie auf die Ausbildung der Sohle sowie der Ufer- bzw. Böschungsbereiche und die angrenzende Nutzung des Kinzigabschnittes eingegangen.

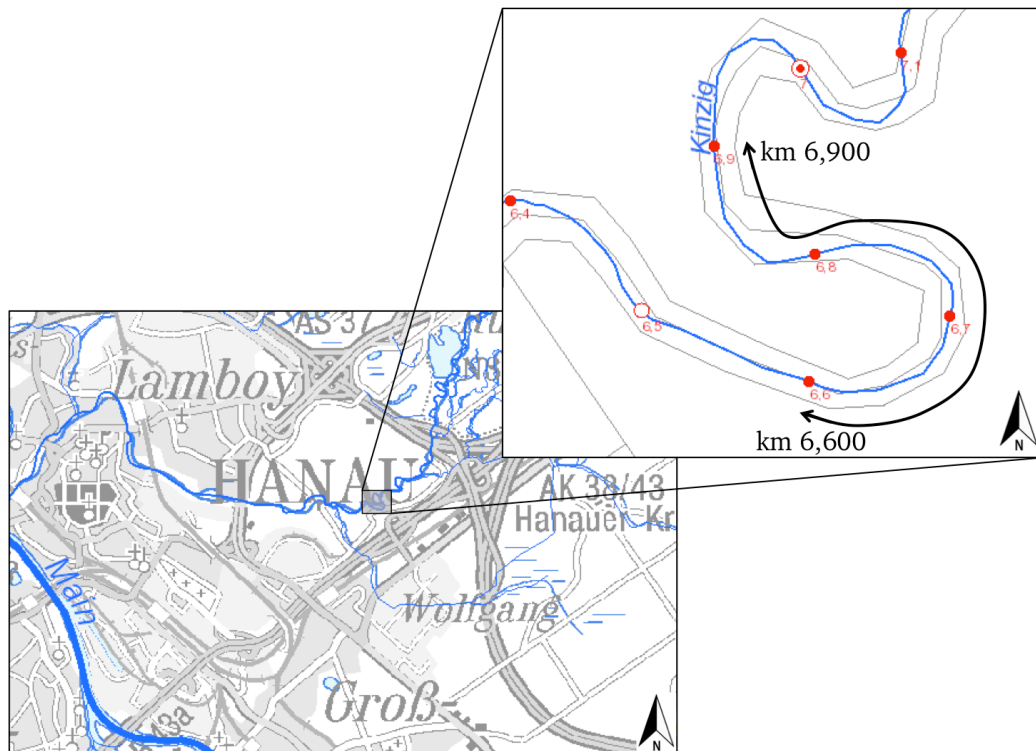


Abbildung 37: Lage des Referenzabschnittes der Kinzig (in Anlehnung an WRRL-Viewer 2017, verändert durch die Autorin)

5.1.1. Zusammenfassung wichtiger Kenndaten des Referenzgewässers

Um einen guten Überblick über den Referenzabschnitt zu bekommen, werden die wichtigsten Merkmale in Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Spezifische Merkmale des Referenzgewässers

Merkmal	Beschreibung
Geologie	Sand, Kies und Schotter (vgl. BGR-Geoviewer 2017)
Schutzgebiete/Biotope	Landschaftsschutzgebiet FFH-Gebiet Hinweise gesetzlich geschützter Biotope (vollständig) Gesetzlich geschützte Biotopkomplexe (teilweise) (vgl. Natureg Hessen 2017)
Gewässerstrukturgüte	Klasse 3 – mäßig verändert (Gesamtbewertung) (vgl. WRRL-Viewer 2017)
Abweichungsklasse	Klasse 3 (mäßig) (vgl. WRRL-Viewer 2017)
Fischregion	Barbenregion (vgl. WRRL-Viewer 2017)
Briem	Fließgewässerlandschaft: Flach- und Hügelland → Auen über 300 m Breite: kiesig, sandig (vgl. Briem 2003)
Typisierung des Fließgewässers	Typ 9 „Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse“ (vgl. WRRL-Viewer 2017)

Die Kinzig wird im Referenzabschnitt der Gewässerstrukturgüteklasse 3 (mäßig verändert) zugeteilt. Die bereits überarbeitete Bewertung wurde 2013 durchgeführt und ist auf der Website des WRRL-Viewers abrufbar (erste Bewertung: Ende der 1990er Jahre; vgl. HLNUG o.J. b). Diese Einstufung ist nach einer Ortsbegehung jedoch nicht nachvollziehbar, da der Abschnitt bspw. durch fehlenden Sohlen- und Uferverbau, einen naturraumtypischen Bewuchs, Ufererosionen und besondere Ufer- und Laufstrukturen – alles Elemente eines naturnahen Fließgewässers – gekennzeichnet ist.

5.1.2. Vermessung eines Querprofils (km 6,710)

Am 8. August 2017 wurde eigenständig ein Querschnitt (km 6,710) vermessen, wodurch die Höhe des Wasserstandes (ca. 1,15 m an der tiefsten Stelle) sowie die der Sohle und der Böschungen bekannt sind (siehe Abbildung 38). Die Ergebnisse dienen als Orientierung für die Planungen des neuen Verlaufes.

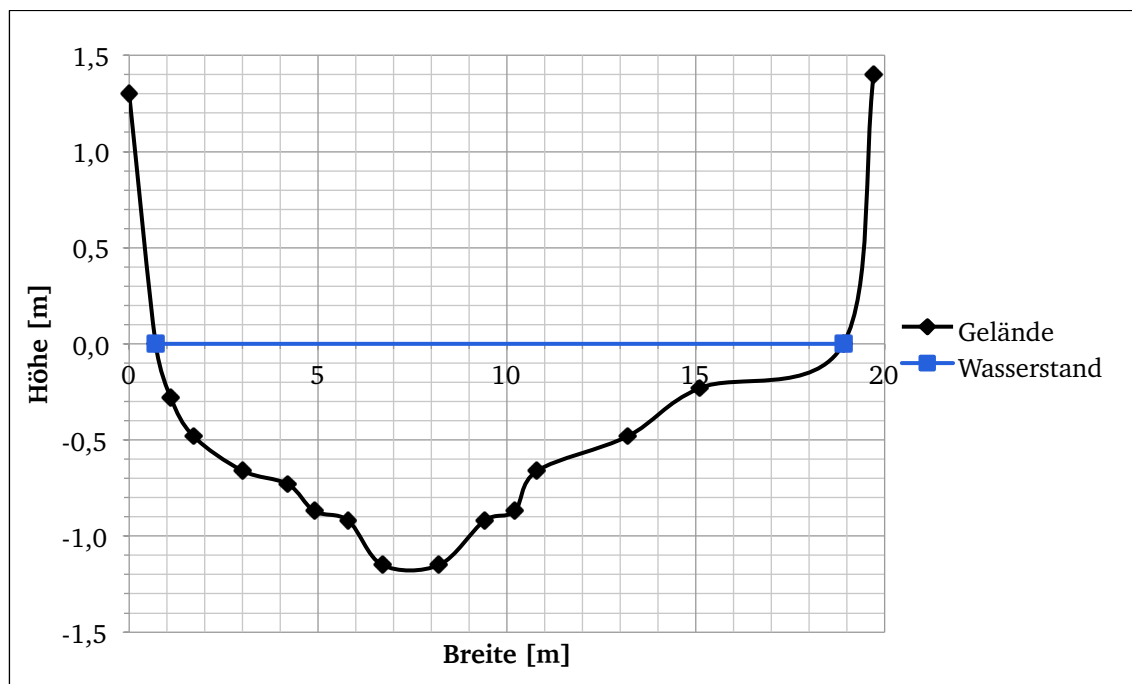


Abbildung 38: Querprofil bei km 6,710 (betrachtet in Fließrichtung)

Aus der gemessenen Tiefe des Querprofils (2,5 m von der Böschungsoberkante bis zum tiefsten Punkt der Sohle) und der bekannten Breite (19,7 m von der rechten zur linken Böschungsoberkante) ergibt sich die Profiltiefe zu 1:7,8 (flach). Im Referenzabschnitt liegt zudem eine mäßige Breitenvarianz („vereinzelt deutliche, aber insgesamt nur geringe örtliche Unterschiede“ (LANUV NRW 2010, 81)) vor.

5.1.3. Laufentwicklung

Die Kinzig durchfließt in einem mäandrierenden Verlauf den Referenzabschnitt in der Bulau. Im Bereich der vorhandenen Prallhänge sind deutliche Seitenerosionen sowie Böschungsabbrüche erkennbar (siehe Abbildung 39). Dies führte dazu, dass einige der nah am Gewässer

befindlichen Bäume bereits in die Kinzig abgerutscht sind, folglich als Sturzbäume in den Querschnitt reinragen und so Treibholzansammlungen verursachen (siehe Abbildung 40).



Abbildung 39: Krümmungserosion (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 18.06.2017)



Abbildung 40: Sturzbäume mit Treibholzansammlung (Blick in Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 18.06.2017)

Zusätzlich prägt rechtsseitig eine Uferbank die Gewässerstruktur (siehe Abbildung 41). Besondere Laufstrukturen sind daher Sturzbäume sowie Ansammlungen von Holz.



Abbildung 41: Uferbank (Blick entgegen der Fließrichtung, eigenes Foto, aufgenommen am 18.06.2017)

5.1.4. Längsprofil

Der Referenzabschnitt weist weder Querbänke bzw. -bauwerke, noch Rückstau oder Verrohungen auf. Die Strömung ist hauptsächlich glatt, entwickelt sich aber im Bereich der besonderen Laufstrukturen zu einem gerippten Strömungsbild. Es liegt somit eine geringe Strömungsdiversität vor.

5.1.5. Querprofil

Bei dem Profil handelt es sich um ein Erosionsprofil (variierend), da sowohl an Gleit- als auch an Prallufern zum Teil steile, aber örtlich variierende, Uferböschungen infolge von Seitenerosion vorhanden sind. Es ist eine schwache Breitenerosion erkennbar, denn der über-

wiegende Teil (über 50 %) ist durch steile bis sehr steile Uferböschungen geprägt (vgl. LANUV NRW 2010, 78). Über die gesamte Strecke ist eine naturnahe Vegetation vorhanden (siehe auch Kapitel 5.1.7., Seite 48). Durchlässe sind im Referenzabschnitt nicht vorhanden.

5.1.6. Sohlenstruktur

Auf Höhe von km 6,643 wurde am 2. Juni 2017 eine Bodenprobe entnommen, die bei 105 °C für 48 Stunden im Ofen des Wasserbaulabors der TU Darmstadt getrocknet und deren spezifische Zusammensetzung anschließend am 8. Juni 2017 mittels einer Siebanalyse ermittelt wurde. Der ermittelte repräsentative Korndurchmesser ergibt sich nach der Analyse der Bodenprobe zu $d_m = 0,618$ mm (siehe Tabelle 9). Das Ergebnis der Siebanalyse zeigt weiter, dass folgende Kornfraktionen Hauptbestandteil der Probe sind und somit eine mäßige Substratdiversität vorliegt:

- Feinsand: 0,063 bis 0,200 mm
- Mittelsand: 0,200 bis 0,630 mm
- Grobsand: 0,630 bis 2,000 mm
- Feinkies: 2,000 bis 6,300 mm

Tabelle 9: Ergebnis der Siebanalyse der Bodenprobe aus dem Verlauf der naturnahen Kinzig

Kinzig - Bodenprobe bei km 6,643					
Korngröße		Rückstände		Durchgangssumme	$d_i \cdot \Delta p$
Sieb 1	40,000 mm	0 g	0,00 %	100,00 %	0,000 mm%
Sieb 2	8,000 mm	18 g	2,38 %	97,62 %	19,073 mm%
Sieb 3	3,000 mm	12 g	1,59 %	96,03 %	4,768 mm%
Sieb 4	1,000 mm	13 g	1,72 %	94,31 %	1,722 mm%
Sieb 5	0,500 mm	282 g	37,35 %	56,96 %	18,675 mm%
Sieb 6	0,400 mm	174 g	23,05 %	33,91 %	9,219 mm%
Sieb 7	0,300 mm	132 g	17,48 %	16,43 %	5,245 mm%
Sieb 8	0,250 mm	71 g	9,40 %	7,03 %	2,351 mm%
Sieb 9	0,125 mm	47 g	6,23 %	0,80 %	0,778 mm%
Sieb 10	0,063 mm	2 g	0,26 %	0,54 %	0,017 mm%
Auffangschale	0,000 mm	4 g	0,54 %	0,00 %	0,000 mm%
Summe		755 g	100,00 %	$d_m =$	0,618 mm

Die dazugehörige Körnungslinie ist Anlage 17 (Seite 157) zu entnehmen.

Als zusätzliche besondere Sohlenstrukturen sind Wurzelflächen (Ansätze) und Totholz zu verzeichnen.

5.1.7. Uferstruktur

Der Bewuchs innerhalb des Referenzabschnitts besteht aus typischen Gewächsen der Bulau, also „aus der Weichholzaue mit Weiden und Erlen und der uferfernen Hartholzaue mit Stieleichen, Hainbuchen, Eschen und Ulmen“ (Stadt Hanau 2017 a). Ein Uferverbau ist nicht vorhanden. Vor allem im Bereich der Prallhänge sind steile und unregelmäßige Uferböschungen erkennbar, wodurch Bäume abgerutscht und umgekippt sind und als Sturzbäume die Struktur kennzeichnen.

5.1.8. Gewässerumfeld

Die angrenzende Flächennutzung ist durchgehend durch den für die Bulau typischen Bewuchs geprägt. Angrenzend an den Gewässerlauf befindet sich beidseitig ein Gewässerrandstreifen (flächenhaft Wald); ein Weg und sonstige Umfeldstrukturen existieren nicht. Folglich sind ausreichend potenziell überschwemmbar Auebereiche vorhanden.

5.2. Darstellung der historischen Referenz

Die historische Referenz wird aus früherem Informationsmaterial über die Kinzig sowie deren Umgebung abgeleitet. Dabei wird eine Karte des Kurfürstentums Hessen aus dem Jahr 1859, die digital auf der Homepage des Landesgeschichtlichen Informationssystems Hessens (LAGIS) verfügbar ist, mit dem heutigen Verlauf (siehe Abbildung 42) verglichen. Das hieraus gewonnene Ergebnis wird lediglich für die Anforderungsbeschreibung des Einzelparameters „Laufkrümmung“ verwendet.

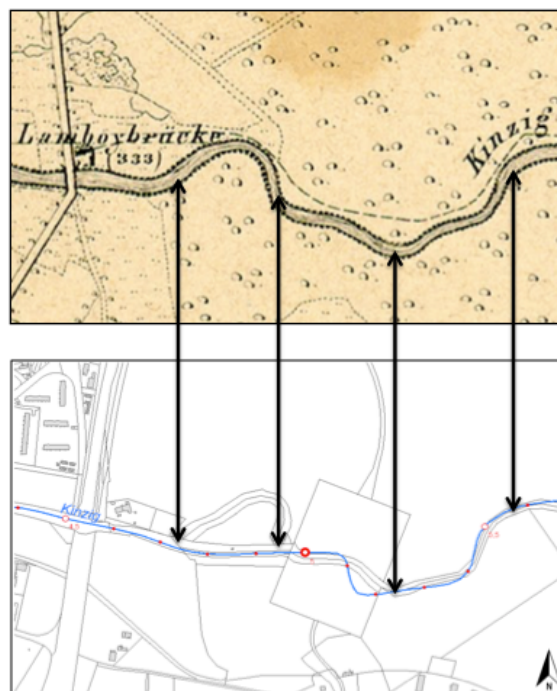


Abbildung 42: Vergleich des Verlaufs der Kinzig im Jahr 1859 (oben) und im Jahr 2017 (unten) (in Anlehnung an LAGIS o.J. und WRRl 2017, verändert durch die Autorin)

In Abbildung 42 (oben) wird deutlich, dass die Kinzig im Planungsabschnitt sowie in ihrem Oberlauf im Jahr 1859 einen geschwungenen Verlauf hatte, der durch eine große rechtsseitige Schleife geprägt wurde. Diese Struktur ging durch die Begradigung und den Ausbau im Jahr 1950 und 1951 verloren (siehe Abbildung 42, unten). Neben der Nutzung der Strecke für Wasserstands- und Abflussmessungen sollte die Begradigung einen erhöhten Hochwasserschutz gewährleisten, da zur damaligen Zeit der Gedanke verbreitet war, dass so das Hochwasser schneller abfließen und folglich weniger Schaden anrichten könne. Heute ist ein Teil der Schleife als Altwasser erhalten.

Bereits 1859 war eine Brücke über die Kinzig (Lamboybrücke) vorhanden, die Lage der Brücke wich allerdings von ihrem heutigen Standort ab. Im Jahr 1967 erfolgte ein Neubau.

5.3. Theoretisch rekonstruierte Referenz

Die theoretisch rekonstruierte Referenz bestimmt sich auf Grundlage von wissenschaftlichen Erkenntnissen. Dazu gehören die Fließgewässerlandschaft nach Briem und die Typisierung des Fließgewässers nach der WRRL (vgl. Lehmann 2013, 8).

Der betrachtete Abschnitt der Kinzig wird nach Briem (2003) der Fließgewässerlandschaft des Flach- und Hügellandes, Unterkategorie Auen über 300 m Breite, genauer gesagt kiesig und sandigen Auen, zugeordnet. Aus dem von Briem (2003) verfassten Steckbrief ergeben sich einige wichtige Merkmale. Die Linienführung bzw. der Lauftyp wird hierbei als stark gekrümmt/mäandrierend beschrieben. Das vorwiegend aus Sand und Kies bestehende Geschiebe wird mit einer geringen bis mittelmäßigen Intensität, teilweise „auch hoch bis zur Bildung von Sand- und Kiesbänken“ (Briem 2003 c, 20) transportiert. Das Gewässerbett besitzt eine kastenförmige Ausbildung mit einer tiefen und häufig gestuften Ausbildung sowie einer gleichmäßigen Breite und ggf. einer Bedeckung mit flachen Sandschwemmfächern. Die Ufer kennzeichnen sich durch eine glatte, steile Ausprägung, die „oft [...] durch Schollenrutschungen gebuchtet“ (Briem 2003 c, 20) ist. Der vollständige Steckbrief befindet sich im Anhang (Anlage 4, Seite 136). (vgl. Briem 2003 c, 20)

Das Planungsgebiet wird zusätzlich als Fließgewässertyp 9 „Silikatische, fein- bis grobmateriareiche Mittelgebirgsflüsse“ eingestuft (siehe auch Kapitel 3.10., Seite 23). Für die einzelnen Typen erstellte das Umweltbundesamt im Jahr 2014 hydromorphologische Steckbriefe für verschiedene erreichbare Zustände.

Tabelle 10 enthält für diejenigen von der LAWA festgelegten Einzelparameter die Anforderungen, die für die Erreichung eines guten ökologischen Zustandes eines Fließgewässers des Typs 9 notwendig sind. Die Erreichung dieses Zustandes wird nach Artikel 4 Abs. 1a WRRL gefordert.

Tabelle 10: Anforderungen für die Hauptparameter (HP) der Gewässerstruktur zur Erreichung eines guten ökologischen Zustandes für Fließgewässertyp 9 (Umweltbundesamt 2014, 124f.)

HP	Einzelparameter	Beschreibung
Laufent- wicklung	Laufkrümmung	gestreckt bis stark geschwungen*
	Krümmungserosion	vereinzelt schwach bis vereinzelt stark*
	Längsbänke	wenige bis mehrere
	Besondere Laufstrukturen	wenige bis mehrere
Längsprofil	Querbauwerke	keine
	Verrohrung/Überbauung	keine
	Rückstau	kein
	Querbänke	wenige bis mehrere
	Strömungsdiversität	mäßig bis groß
	Tiefenvarianz	mäßig bis groß
Querprofil	Profiltyp	sehr flaches bis maximal mäßig tiefes Querprofil, gut strukturiertes Hochflutbett, annäherndes Naturprofil, mindestens variierendes Erosionsprofil
	Profiltiefe	flach bis mäßig tief
	Breitenerosion	keine
	Breitenvarianz	mäßig bis groß
	Durchlass/Brücke	keine strukturell schädlichen und mit max. geringem Durchgängigkeitsdefizit (mit Sediment)
Sohlen- struktur	Sohlensubstrat	Steine und Schotter, stellenweise Kiese; feinere Sedimente hauptsächlich in strömungsarmen Bereichen
	Sohlenverbau	kein
	Substratdiversität	groß
	Besondere Sohlstrukturen	mehrere
Uferstruktur	Uferbewuchs	durchgehender Uferstreifen mit lebensraumtypischem Wald/lebensraumtypischen Biotopen (z.B. Stieleichen-Hainbuchenwald, Erlen-Auwald, Stieleichen-Ulmenwäldern, Weiden, Pionier- und Hochstaudenfluren)
	Uferverbau	kein
	Besondere Uferstrukturen	wenige bis mehrere
Gewässer- umfeld	Flächennutzung	überwiegend lebensraumtypischer Wald/auentypische Biotope/Brache/Sukzession
	Gewässerrandstreifen	durchgehender Gewässerrandstreifen (beidseitig > 50 - 150 m Breite) mit lebensraumtypischem Wald/Biotopen
	Besondere Umfeldstrukturen	wenige bis mehrere (Altwässer, Hochflutrinnen, Randsenken; Engtäler auch ohne Auengewässer)

* Ausprägung in Abhängigkeit von Talform und Gefälle

Zusätzlich muss die Durchgängigkeit in einem guten ökologischen Zustand einwandfrei gewährleistet werden und beim Einzelparameter „Geschiebehaushalt“ sollten keine bis geringe Defizite zu verzeichnen sein. Weiter ist eine permanente Wasserführung und ein dynamischer Abfluss („mittlere bis große Abflussschwankungen“ (Umweltbundesamt 2014, 125)) kennzeichnend. Ein mittleres Ausuferungsvermögen (in der höheren Aue meist eher gering) ist ei-

ne weitere Voraussetzung für einen guten ökologischen Zustand. (vgl. Umweltbundesamt 2014, 125)

5.4. Hpn-Zustand für das Planungsgebiet an der Kinzig

Für das Planungsgebiet wird nachfolgend aus der Bildung der Schnittmenge der räumlichen, historischen und theoretisch rekonstruierten Referenzen – in Tabelle 11 abgekürzt mit R, H bzw. TR – der hpn-Zustand erstellt sowie verdeutlicht, aus welcher Referenz die Anforderungen an die Gewässerstruktur abgeleitet werden (siehe Tabelle 11). Der räumlichen Referenz ist insgesamt eine höhere Gewichtung beizumessen, da das verwendete Referenzgewässer ebenfalls ein Abschnitt der Kinzig ist und deshalb eine Ausbildung sehr ähnlicher Strukturen zu vermuten ist.

Neben den in Tabelle 11 enthaltenen Einzelparametern ist eine einwandfreie Durchgängigkeit sowie eine dauerhafte Wasserführung und einen sich daraus ergebender dynamischer Abfluss mit regelmäßigen Überschwemmungen der Auen (theoretisch rekonstruierte Referenz) einzuhalten. Diese Anforderungen werden durch die räumliche Referenz bestätigt.

In Kapitel 7.5. (Seite 69) werden das für das Planungsgebiet umsetzbare Leitbild und die sich daraus ergebenden Entwicklungsziele auf Basis des gerade entwickelten hpn-Zustandes, aber mit Berücksichtigung der vorherrschenden Restriktionen, abgeleitet.

Tabelle 11: Hpn-Zustand der Gewässerstruktur für das Planungsgebiet an der Kinzig

HP	Einzelparameter	Beschreibung	Referenz
Laufent- wicklung	Laufkrümmung	stark geschwungen	R, H, TR
	Krümmungserosion	vereinzelt schwach bis vereinzelt stark	R, TR
	Längsbänke	wenige bis mehrere	R, TR
	Besondere Laufstrukturen	wenige bis mehrere (Sturzbäume, Treibholzverkläusungen)	R, TR
Längsprofil	Querbauwerke	keine	R, TR
	Verrohrung/Überbauung	keine	R, TR
	Rückstau	kein	R, TR
	Querbänke	keine	R
	Strömungsdiversität	gering bis mäßig	R, TR
	Tiefenvarianz	mäßig bis groß	R, TR
Querprofil	Profiltyp	variierendes Erosionsprofil	R
	Profiltiefe	flach bis mäßig tief	R, TR
	Breitenerosion	keine	R, TR
	Breitenvarianz	mäßig bis groß	R, TR
	Durchlass/Brücke	kein/keine	R, TR
Sohlen- struktur	Sohlensubstrat	vorwiegend Fein- und Mittelsand, teilweise auch Kiese, Schotter und Steine	R
	Sohlenverbau	kein	R, TR
	Substratdiversität	mäßig	R, TR
	Besondere Sohlstrukturen	mehrere (Totholz, Wurzelflächen)	R, TR
Uferstruktur	Uferbewuchs	Weichholzaue mit Weiden und Erlen und uferferne Hartholzaue mit Stieleichen, Hainbuchen, Eschen und Ulmen	R
	Uferverbau	kein	R, TR
	Besondere Uferstrukturen	wenige bis mehrere (Sturzbaum, Holzansammlung, Prall- und Gleithänge, Schotter- und Kiesbänke)	R, TR
Gewässer- umfeld	Flächennutzung	Wald	R, TR
	Gewässerrandstreifen	beidseitig vorhanden (flächenhaft Wald/Sukzession)	R, TR
	Besondere Umfeldstrukturen	keine	R

6. Bewertung des Ist-Zustandes der Kinzig am hpn-Zustand

In diesem Kapitel wird der Ist-Zustand der Kinzig mit Hilfe des hpn-Zustandes bewertet und vorherrschende Defizite sowie Problematiken in Hinsicht auf die Funktionsfähigkeit des Fließgewässers herausgearbeitet. Dieser Verfahrensschritt liefert wichtige Erkenntnisse, die für die spätere Maßnahmenplanung von zentraler Bedeutung sind und aufgrund derer die Entscheidungen über geeignete Maßnahmen getroffen werden.

Es werden die Hauptparameter der Gewässerstrukturgüte (siehe Tabelle 2, Seite 12) sowie die Gewährleistung der Durchgängigkeit und die bestehenden Problematiken der Pegelanlagen bzw. der Übungs- und Trainingsstrecke für Kanuten berücksichtigt. Die Defizitanalyse wird für diejenigen Parameter, die im gesamten Planungsgebiet identische bzw. sehr ähnliche Eigenschaften aufweisen, gemeinsam durchgeführt. Merkmale, die nur in einzelnen Abschnitten vorhanden sind, werden separat beurteilt.

6.1. Gliederung des Planungsgebietes

Die Durchführung einer übersichtlichen Bewertung erfordert die Einteilung des Planungsgebiets in Abschnitte mit gleichen bzw. ähnlichen Eigenschaften unter der Berücksichtigung erkennbarer Merkmale, wie Breite, Ausbau oder besonderer Strukturelemente.

Folgende fünf Abschnitte werden demnach festgesetzt:

- Abschnitt 1: km 4,528 bis km 4,561
 - Lamboybrücke
 - eine gesonderte Betrachtung ist sinnvoll, da für die Stabilität der Brücke die komplette Befestigung von Böschung und Ufer notwendig ist
- Abschnitt 2: km 4,561 bis km 4,650
 - Bereich zwischen der Lamboybrücke und dem Wehr
 - weist durch das Vorhandensein der drei Buhnen, die Rückstände des alten Wehres sowie den deutlich breiteren Gewässerlauf besondere Merkmale gegenüber der restlichen Planungsstrecke auf
- Abschnitt 3: km 4,650 bis km 4,830
 - beginnt mit dem flussaufwärts gelegenen Ende des Wehres und endet mit dem Beginn der ausgebauten Pegelmessstrecke
- Abschnitt 4: km 4,830 bis km 4,890
 - Pegelmessstrecke
 - wird aufgrund des dauerhaft konstanten Messquerschnittes – für die Gewährleistung zuverlässiger Wasserstands- und Abflussmessungen erforderlich – separat betrachtet
- Abschnitt 5: km 4,890 bis km 5,000
 - Bereich zwischen dem Ende der Pegelmessstrecke und der oberen Grenze des Planungsgebiets

Abschnitt 3 und Abschnitt 5 werden aufgrund ähnlicher Breitenverhältnisse und dem Vorhandensein besonderer Strukturelemente – Wurzelflächen, Sturzbaum, Unterstand und die dadurch beeinflusste Strömungsentwicklung – gemeinsam bewertet.

6.2. Allgemeine Defizitanalyse

Die Ergebnisse der Ortsbegehung (siehe Kapitel 4.1., ab Seite 27) werden für die allgemeine Defizitanalyse mit dem in Kapitel 5. (Seite 43) entwickelten hpn-Zustand verglichen und bewertet.

6.2.1. Bewertung der Laufentwicklung

Der gestreckte Verlauf (**Laufkrümmung**) der Kinzig ist von Natur aus für ein Gewässer untypisch. Die Laufbegradigung ist deshalb auf ein anthropogenes Eingreifen zurückzuführen. Gründe hierfür waren vermutlich eine Verbesserung des Hochwasserschutzes sowie die Durchführung von Wasserstands- und Abflussmessungen. Der Ist-Zustand stellt daher im Vergleich zum stark geschwungenen hpn-Zustand ein erhebliches Defizit dar (vgl. LAWA 1999, 40).

Das Fehlen der **Krümmungserosion** im Ist-Zustand ist eine Folge des gestreckten Verlaufs sowie der Ufersicherung und zusätzlich ein weiteres Indiz für einen naturfernen und somit negativ zu bewertenden Zustand. Die „Wiederherstellung eines ausgeglichenen Naturhaushalts und der Wiederentstehung der gewässertypischen Struktur- und Profilverhältnisse“ (LAWA 1999, 44) wird folglich unterbunden. Krümmungserosion tritt gemäß dem hpn-Zustand bei einer vorhandenen Laufkrümmung vor allem im Bereich von Gleit- und Prallhängen vereinzelt schwach bis vereinzelt stark (hpn-Zustand) auf.

6.2.2. Bewertung des Längsprofils

Ein **Rückstau**, bedingt durch Querbauwerke oder Verrohrungen, ist im Planungsgebiet nicht erkennbar. Sein Fehlen ist vorteilhaft, da Rückstau zu „eine[r] Störung der natürlichen Abfluß- und Strömungsverhältnisse“ (Zumbroich et. al. 1999, 110) führt und sich nachteilig auf den Temperatur- und Stoffhaushalt auswirkt.

Verrohrungen deuten auf ein anthropogen verändertes Fließgewässer hin, da so ein natürlicher Austausch mit der Umgebung unterbunden wird und sie gleichzeitig für viele aquatische Lebewesen Wanderbarrieren darstellen (vgl. LAWA 1999, 66). Das Fehlen von Verrohrungen im Ist-Zustand ist deshalb ebenfalls als positiv zu bewerten.

Querbänke kommen weder im hpn-Zustand noch im Ist-Zustand des Planungsgebietes vor. Diese Übereinstimmung ist folglich ein Vorteil.

Im Planungsgebiet liegt aufgrund des Auftretens von lediglich zwei Strömungsbildern eine geringe **Strömungsdiversität** vor, eine Eigenschaft, die bereits mit dem entwickelten hpn-Zustand (gering bis mäßig) übereinstimmt.

Jedes Fließgewässer, egal ob im Gebirge oder im Flachland, sollte generell eine gewisse **Varianz in der Tiefe** ausweisen, um ein potentiell großes Biotop- und Artenspektrum verzeichnen zu können. Im Planungsgebiet zeigte sich jedoch nur ein minimaler Wechsel der Tiefe. Die Einstufung der Kinzig als Mittelgebirgsfluss (Typ 9) verlangt allerdings eine mäßige bis große Tiefenvarianz (hpn-Zustand), weshalb eine Verbesserung des Ist-Zustandes anzustreben ist. Aufgrund des natürlich sandigen Substrates und der Lage im Flachland ist diese Verbesserung nur schwer umsetzbar (vgl. Zumbroich et. al. 1999, 113).

6.2.3. Bewertung des Querprofils

Im Planungsgebiet ist als **Profiltyp** ein ausgebautes Trapezprofil vorhanden, Seitenerosionen, Gleit- oder Prallhänge fehlen komplett. Durch diese verminderte Strukturierung kommt es bei Hochwasser zu schnellen Abflüssen und dem Verlust eines wichtigen Lebensraumes. Der Profiltyp eines naturnahen Fließgewässers kennzeichnet sich aber durch variierende Erosionsprofile (hpn-Zustand), weshalb der Ist-Zustand negativ ist.

Die Profiltiefe wird aktuell als mäßig tief/mäßig flach (1:4 bis 1:6) bis flach (1:6 bis 1:10) eingestuft und stimmt bereits mit den Vorgaben des hpn-Zustandes – flach bis mäßig tief – überein.

Die LAWA definiert die **Breitenerosion** als eine wichtige „Fähigkeit eines Gewässer-Bettsystems“ (LAWA 1999, 90), die ein Reagieren auf unterschiedliche Störungen ermöglicht und so ein ausgeglichenes Breiten-Tiefen-Verhältnis sicherstellt (vgl. LAWA 1999, 90). Im Planungsgebiet verhindert die beidseitige Befestigung des Gewässerbettes und der Böschung eine Erosion in die Breite. Obwohl auch im hpn-Zustand keine Breitenerosion vorgesehen ist, ist die aktuelle Situation negativ, da das Fehlen der Breitenerosionen nicht auf die natürliche Eigendynamik der Kinzig, sondern auf die Befestigung, zurückzuführen ist.

Die Befestigung und der gestreckte Verlauf verhindern eine **Varianz in der Breite** (künstlich angelegte Veränderungen in der Breite – wie die rechtwinkelige Aufweitung bei km 4,640 – werden nicht betrachtet). Keine Breitenvarianz verdeutlicht die fehlende Naturnähe, denn ein natürlich vorhandener Breitenwechsel ist ein merkliches Indiz für die „morphologische Dynamik und Reaktionsfähigkeit“ (LAWA 1999, 94) eines Fließgewässers. Folglich ist der Ist-Zustand als negativ zu beurteilen.

6.2.4. Bewertung der Sohlenstruktur

Die Auswertung der Bodenproben – zwei aus dem Planungsgebiet und eine aus dem Referenzabschnitt – zeigte, dass das **Sohlensubstrat** bei allen drei Proben vorwiegend aus Fein- und Mittelsand besteht. Der im Planungsgebiet berechnete, repräsentative Korndurchmesser ($d_m = 0,331 \text{ mm}$ bzw. $d_m = 0,506 \text{ mm}$) weicht von dem Ergebnis im räumlichen Referenzab-

schnitt gering ab ($d_m = 0,618$ mm), ist jedoch im Hinblick auf die Probenanzahl vertretbar. Der Ist-Zustand ist somit positiv bewertet, könnte aber durch das Auftreten von Kies, Schotter und einigen größeren Steinen näher an die **Substratdiversität** im Referenzabschnitt herangebracht werden.

6.2.5. Bewertung der Uferstruktur

Der vorherrschende **Uferbewuchs** besteht aus Gräsern, Sträuchern und Bäumen, wie sie für die Bulau typisch sind, und kommt somit dem hpn-Zustand sehr nahe. Eine Ausnahme bildet allerdings Abschnitt 4 (Pegelmessstrecke), dessen Böschungsbereich zurzeit nur mit Gräsern bewachsen ist. Dieser Zustand ist jedoch für einen konstanten Messquerschnitt notwendig und kann, solange die Pegelanlage an dieser Position besteht, nicht verändert werden.

Um das Querschnittsprofil nach der Begradigung der Kinzig langfristig zu sichern, ist der Gewässerlauf seitlich durch Wasserbausteine befestigt. So werden die Eigendynamik sowie die Veränderung des Querprofils, bspw. durch Seitenerosionen, unterbunden. Der Uferverbau ist daher nicht naturnah und erfüllt die Vorgaben des hpn-Zustandes (kein Uferverbau) nicht. Er wird daher als negativ bewertet.

6.2.6. Bewertung des Gewässerumfeldes

Im Planungsgebiet werden die angrenzenden Flächen unterschiedlich genutzt (**Flächennutzung**). Weiden und Wiesen werden grundsätzlich als eine „standortgemäße[] und naturnaherhaltungsverträgliche[] Art der Bodennutzung“ (LAWA 1999, 134) definiert. Das linksseitig angrenzende Grünland – km 4,560 bis km 4,780 – wird für die Heugewinnung genutzt, weshalb eine sich negativ auswirkende Düngung und damit verbundene Schadstoffeinträge vorhanden sind. Die übrigen angrenzenden Flächen sind durch bodenständigen Wald aus den für die Bulau typischen Gewächsen gekennzeichnet und als positiv zu bewerten (vgl. LAWA 1999, 134). Das rechtsseitig der Kinzig befindliche Mehrfamilienhaus hat negative Auswirkungen, da es die Entwicklung der Kinzig einschränkt und gleichzeitig eine natürliche Überschwemmungsfläche in der Aue wegnimmt. Über den Garten des Hauses ist zusätzlich ein Eintrag von Nähr- oder Schadstoffen denkbar.

Der **Gewässerrandstreifen** ist durch den beidseitig angelegten Weg geprägt. Diese, gegenüber dem hpn-Zustand (beidseitig flächenhaft Wald/Sukzession) nachteilige Situation, ermöglicht dem Menschen zwar einen direkten Zugang zur Kinzig, begrenzt aber den „seitlichen Bewegungsspielraum für die Lauf- und Profilentwicklung durch Ufererosion“ (LAWA 1999, 138). Die Uferbefestigung unterbindet dies zusätzlich. Um zukünftig eine ökologische Funktionsfähigkeit der Kinzig sicherstellen zu können, sind Freiflächen zur unbegrenzten Gewässerentwicklung notwendig.

6.2.7. Bewertung der Durchgängigkeit

Über den gesamten Planungsabschnitt sind keine Wanderbarrieren für Fische vorhanden. Diese Übereinstimmung mit den Vorgaben des hpn-Zustandes ist positiv und bedarf deshalb keiner weiteren Verbesserung.

6.3. Spezielle Defizitanalyse

Diejenigen Elemente, die nur in einzelnen Abschnitten vorkommen, werden nachfolgend beurteilt. Daneben werden auch die bestehenden Problematiken beider Pegelanlagen sowie der Übungs- und Trainingsstrecke für die Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau bewertet.

6.3.1. Abschnitt 1: km 4,528 bis km 4,561 (Lamboybrücke)

Nachfolgend werden die Strukturelemente des ersten Abschnittes sowie die Ultraschall-Durchflussmessanlage kritisch beurteilt.

Defizitanalyse

Im Brückenbereich kommt es durch den rechtsseitigen Strömungsstrich – bedingt durch die untere linke Buhne – zu einer deutlichen Veränderung des Querprofils, nämlich zu einer Sedimentablagerung in der linken Gewässerseite (**Längsbank**) und einer Auskolkung (**besondere Sohlenstruktur**) der rechten Gewässershälfte. Beides sind generell Elemente für einen naturnahen Zustand, gefährden aber an dieser Stelle die Stabilität der Brücke und sind deshalb zukünftig an anderer Stelle wünschenswert.

Die Brücke, mit der die B8 über die Kinzig geleitet wird (Lamboybrücke), wird zum einen als **Durchlass**, zum anderen als eine befestigte Verkehrsanlage (Einzelparameter **sonstige Umfeldstrukturen**) eingestuft. Als Durchlass stellt sie keine relevante Verengung des Querschnitts dar und ist somit gering strukturschädlich (vgl. LAWA 1999, 98). Umfeldstrukturen – Abgrabung, Fischteich, gewässerunverträgliche Anlagen, befestigte Verkehrsanlagen, Anschüttungen, Müllablagerungen, Hochwasserschutzbauwerk – kommen selten in der Umgebung naturnaher Fließgewässer vor und sind kein Bestandteil des hpn-Zustandes, da sie die natürliche Entwicklung der Kinzig unterbinden und so zu einer naturfernen und gewässerschädlichen Situation beitragen.

Zwischen dem ersten rechtsseitigen Pfeiler und der Böschung ist eine Ansammlung von Totholz (**besondere Uferstruktur**) vorhanden. Diese Struktur ist generell positiv, soll zukünftig aber nicht im Brückenprofil, sondern flussaufwärts im Planungsgebiet auftauchen, da sie dort als natürliches Element die Lauf- und Profilentwicklung verstärken kann.

Bewertung der Ultraschall-Durchflussmessanlage

Die Ultraschall-Durchflussmessanlage liefert aktuell keine plausiblen und verwertbaren Messergebnisse, da die umfangreiche Kolkсанierung im Jahr 2007 den Messquerschnitt deutlich verändert hat. Zusätzlich verändert sich der Querschnitt permanent, da die unterste, linksseitige Buhne den Strömungsstrich in die rechte Gewässershälfte lenkt und so zu einer ungleichförmigen Anströmung im Brückenbereich führt. Durch die Ablagerung von Sedimenten ist das Empfangen bzw. Aussenden von Impulsen kaum möglich. Diese wechselnden hydraulischen Verhältnisse beeinflussen folglich die Beziehung zwischen den Wasserständen und den dazugehörigen Durchflüssen (diese Bezugskurve wird auch Abflusskurve genannt).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die wichtigsten Randbedingungen – konstanter Messquerschnitt mit konstanten hydraulischen Verhältnissen und gleichförmige Anströmung – nicht eingehalten werden. Der aktuelle Zustand ist daher negativ. Um dennoch zuverlässige Messergebnisse über Wasserstand und Durchfluss an der Kinzig zu erhalten, wird die im Oberlauf vorhandene Einperlanlage weiter genutzt. Zusätzlich werden die Ergebnisse einmal im Monat durch den händischen Einsatz eines ADCP-Messbootes überprüft. Dieser Zustand stellt allerdings nur eine Übergangslösung dar, zeitnah ist ein Rückbau der (alten) Pegelanlage und eine Instandsetzung bzw. Positionsverschiebung der Ultraschall-Durchflussmessanlage angestrebt.

6.3.2. Abschnitt 2: km 4,561 bis km 4,650

Nachfolgend wird für die in Abschnitt 2 vorhandenen Elemente der Gewässerstrukturgüte eine Defizitanalyse durchgeführt. Zusätzlich wird die Trainings- und Übungsstrecke für die Kanuten bewertet.

Defizitanalyse

Bei km 4,640 befindet sich eine rechtwinkelige Querschnittsaufweitung (beidseitig um ca. drei Meter, **besondere Laufstruktur**). Zusätzlich beeinflussen drei Buhnen die Laufentwicklung der Kinzig in diesem Abschnitt maßgeblich. Beide Strukturen haben keinen natürlichen Ursprung und sind somit nicht auf die Eigendynamik des Gewässers zurückzuführen. Ihr Vorhandensein ist die Folge anthropogener Eingriffe und wird deshalb als Defizit bewertet. Die Vorgaben des hpn-Zustandes – mehrere bis viele besondere Laufstrukturen – werden folglich nicht eingehalten.

Die noch vorhandene Grundschwelle des Wehres, durch die eine Zurückhaltung des Geschiebes zu erwarten ist, wird als **Querbauwerk** eingestuft. Solche durch den Menschen errichtete Elemente – z.B. Wehre, Abstürze oder Grundswellen – beeinflussen die Durchgängigkeit sowie den Geschiebe- und Stoffhaushalt eines Fließgewässers und stellen so „ökologisch eine Störung oder Unterbrechung des Gewässersystems dar“ (LAWA 1999, 56). Ihr Vorkommen ist folglich im hpn-Zustand nicht vorgesehen. Die Grundschwelle wird deshalb als Defizit bewertet, da sie ein deutliches Merkmal für die fehlende Naturnähe des Planungsgebiets ist.

Die hinter den Buhnen entstehenden Kehrwasserbereiche (**besondere Sohlenstruktur**) sind kein natürliches Element der Gewässersohle, da ihre Ausbildung erst durch den Einbau der Buhnen entstand. Ihr Vorhandensein ist daher negativ.

Der Vorboden des alten Wehres (**Sohlenverbau**) ist über die gesamte Gewässerbettbreite vorhanden. Da der Wehrkörper bei einem Hochwasser vor rund 15 Jahren eingestürzt ist, erfüllt auch der Sohlenverbau seine eigentliche Aufgabe – Verhinderung der Sohlenerosion, Verlängerung des Sickerwasserweges und Unterstützung der Stabilität – nicht mehr und führt lediglich zu nachteiligen Auswirkungen (Strukturverarmung, Verlust von Lebensraum (vgl. LAWA 1999, 106)).

Bewertung der Übungs- und Trainingsstrecke für Kanuten

Für die Bewertung des Ist-Zustandes der Kinzig ist gleichzeitig auch die Berücksichtigung der durch die Stadt Hanau genehmigten Übungs- und Trainingsstrecke für die Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau nötig (Disziplin Kanuslalom). Herr Weidert, zurzeit Bootshauswart der Kanugesellschaft, wurde am 17. Juni 2017 stellvertretend zu der aktuellen Situation und den bestehenden Problematiken befragt. In dem geführten Telefonat wurde deutlich, dass nach Ansicht der Kanugesellschaft die drei im Jahr 2003 eingebauten Buhnen der Hauptauslöser für die Nichtnutzbarkeit der Übungsstrecke sind.

Der Bau der Buhnen konnte aufgrund von Lieferschwierigkeiten der Wasserbausteine der Gewichtsklasse LMB_{10/60}²⁰ nicht wie geplant ausgeführt werden (Planungsunterlagen: siehe Anlage 18, Seite 158). Aus diesem Grund wurden letztendlich kleinere Steine (LMB_{5/40}) verbaut sowie eine verringerte Buhnengröße umgesetzt. Als Folge der mangelnden Bauausführung wurden die Steine bei hohen Wasserständen weggespült und die Buhnen werden seit diesem Zeitpunkt nur noch umströmt (siehe Abbildung 43, die dazugehörige Legende ist Tabelle 12 zu entnehmen), aber nicht überströmt (siehe Abbildung 44). Das veränderte Strömungsbild führt zu einer Anlandung hinter den Buhnen und einer Erosion am gegenüberliegenden Ufer. Die Folge sind eine rechtsseitige Strömungslinie und die so bedingte ungleichmäßige Anströmung des Querschnittes im Brückenbereich (Folge: Sedimentablagerungen und Auskolkung). Es kommt zudem zu einem Kehrwasserverlust hinter den Buhnen, wodurch ein Befahren der Strecke bei MQ nicht möglich ist. (vgl. Weidert 2017)

Buhnen sind grundlegend aufgrund der gerade erläuterten Auswirkungen aus gewässerökologischer Sicht ein positives Element, das bei Renaturierungen häufig zum Einsatz kommt. Jedoch verändert die ungleichmäßige Anströmung – bedingt durch die fehlerhafte Ausbildung – des den Messquerschnitt der Ultraschall-Durchflussmessanlage im Brückenbereich deutlich. Messungen mit der Anlage sind daher zum aktuellen Zeitpunkt nicht möglich.

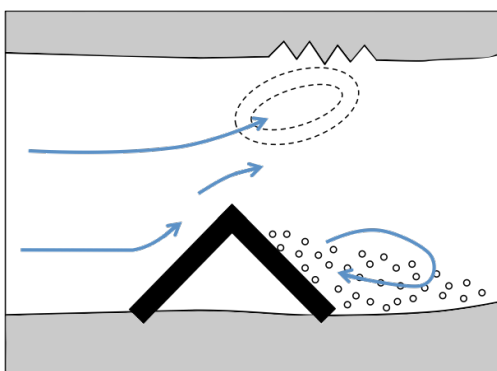


Abbildung 43: Umströmte Buhne (eigene Darstellung, in Anlehnung an Gebler 2005, 41)

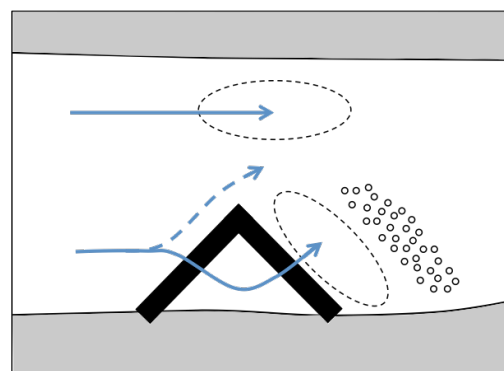







Abbildung 44: Überströmte Buhne (eigene Darstellung, in Anlehnung an Gebler 2005, 41)

²⁰ LMB = leichte Gewichtsklasse; der erste Index kennzeichnet die untere Gewichtsgrenze, der zweite Index die obere Gewichtsgrenze, jeweils in Kilogramm (vgl. BAW 2008, 10).

Tabelle 12: Legende zu Abbildung 43 und Abbildung 44 (in Anlehnung an Gebler 2005, 41)

Symbol	Bedeutung
	oberflächennahe Strömung
	sohlnahe Strömung
	Ufererosion
	Anlandung
	Kolk

Während der Ortsbegehungen wurde zudem deutlich, dass mehrere Metallpfosten – vor allem auf der linken Uferseite – sowie die dazugehörigen Drahtseile fehlen. Das Aufhängen der Tore, die die Kanuten bei der Disziplin Kanuslalom mit oder gegen die Strömung durchfahren, ist folglich nicht mehr möglich.

Aufgrund der gerade erläuterten Schwierigkeiten wird die Strecke seit rund zehn Jahren nicht mehr genutzt. Die Kanugesellschaft hat dennoch weiter Interesse an einer regelmäßigen Nutzung der nach Herr Weidert's Aussage „sehr wichtigen Strecke“, die jedoch den Vorgaben der Schutzgebiete entgegensteht. Für die weiteren Planungen wird daher eine Aufgabe der Strecke von Seiten der Kanugesellschaft bzw. einer Entziehung der Genehmigung von seitens der Stadt Hanau angenommen.

6.3.3. Abschnitt 3 und Abschnitt 5: km 4,650 bis km 4,830 und km 4,890 bis km 5,000

Die Defizite in Abschnitt 3 und Abschnitt 5 werden nachfolgend gemeinsam bewertet.

Der **Verbau der Sohle** führt zu einer deutlichen Strukturverarmung, einem Verlust an Lebensraum sowie zu der Unterbindung der „natürlichen Strukturentwicklung an der Gewässersohle“ (LAWA 1999, 106). Der Sohlenverbau hat folglich negative Auswirkungen und ist für die Annäherung an den hpn-Zustand zu entfernen.

Die Funktionen von **besonderen Uferstrukturen** wurden bereits teilweise in Kapitel 6.3.1. (Seite 57) thematisiert. Der Unterstand (km 4,650) und der über die Kinzig ragende Sturzbau (km 4,840) gehören neben der Holzansammlung ebenfalls zu solchen Strukturen und sind als Folge der Eigenentwicklung entstanden. Dennoch wird die im hpn-Zustand geforderte Anzahl – mehrere besondere Uferstrukturen – nicht erreicht, ihr Vorhandensein im Ist-Zustand wirkt sich aber fördernd auf die Gewässerstruktur aus und wird daher positiv bewertet.

6.3.4. Abschnitt 4: km 4,830 bis km 4,890

Nachfolgend wird neben der Defizitanalyse auch eine Bewertung der (alten) Pegelanlage durchgeführt.

Defizitanalyse

Die Begradigung und der Sohlen- und Uferverbau gelten als ein maßgebendes Defizit, da so die Ausbildung einer Eigendynamik der Kinzig nicht möglich ist.

Im Bereich der Pegelmessstrecke ist der **Sohlenverbau** für die Sicherstellung eines gleichmäßigen Messquerschnitts und die Unterbindung von Sohlenerosion notwendig. Die in Kapitel 6.3.3. erläuterten negativen Folgen treten auch hier auf, weshalb ein Sohlenverbau generell ein Defizit in einem Fließgewässer bedeutet.

Bewertung der (alten) Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkrananlage für Flügelmessungen

Die Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkrananlage für Flügelmessungen (km 4,850) weist verschiedene Problematiken auf. Zum einen liegt die Anlage in einem Landschaftsschutzgebiet und einem FFH-Gebiet, die die „Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit“ (§ 26 BNatSchG 2017) eines Naturraumes sowie der „Habitate der Arten“ (Artikel 2 FFH-Richtlinie 2006) gewährleisten sollen (siehe Kapitel 3.4., Seite 18). Eine Pegelanlage, wie sie im Planungsgebiet vorkommt, steht somit dem eigentlichen Ziel entgegen, da sie einen deutlichen Eingriff in den vorherrschenden Naturhaushalt darstellt.

Zum anderen ist der Pegel bei Hochwasser ab einem Wasserstand von ca. 3,60 m (Unterkante Pegelhaus) umläufig, da großräumige Ausuferungen – auch im Bereich des historischen Verlaufs – stattfinden, die erst unterhalb der Pegelmessstrecke wieder in den Verlauf der Kinzig münden.

Laut des Gutachtens der DEKRA Automobil GmbH vom 2. August 2016 weist die Seilkrananlage außerdem mehrere Mängel auf:

- Betriebsbuch ist nicht vorhanden
- Winde:
 - Öffnungen an der Winde zur Vermeidung von Eingriffen sind nicht abgedeckt
 - Getriebewelle ist nicht abgedeckt
 - Öffnungen am Rollenbock zur Vermeidung von Eingriffen sind nicht abgedeckt
- das Katzseil²¹ weist äußere Beschädigungen und/oder Rost auf und ist nicht mehr durchmesserhaltig
- das Hubseil²² weist äußere Beschädigungen und/oder Rost auf und ist nicht mehr durchmesserhaltig

(vgl. Odeh 2016, 2ff.)

²¹ Als Katzseil (Verschiebeseil) bezeichnet man ein „Drahtseil aus verzinkten Stahldrähten, [das] [...] zum horizontalen Bewegen der Laufkatze“ (LAWA und BMVBW 2004, 3) dient.

²² Als Hubseil (Messkabel) bezeichnet man ein „Spezialseil aus verzinkten Stahldrähten zum Aufhängen eines Messgeräts. Das Hubseil besitzt in der Regel einen innen liegenden, isolierten Leiter zur Übertragung von Signalen in Schutzkleinspannungen.“ (LAWA und BMVBW 2004, 3)

Somit werden die nach der „Pegelvorschrift, Anlage G, Arbeitsschutz, Teil 2: Seilkrananlagen“ (herausgegeben von der LAWA) festgesetzten arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen nicht mehr eingehalten, da die Sicherheit der Messanlage und des Messinstruments sowie der Nutzungsberechtigten nicht mehr vollständig gewährleistet werden kann (vgl. LAWA und BMVBW 2004, 26f.). Ein weiterer Betrieb ist deshalb bedenklich und darf erst nach Behebung der Mängel wiederaufgenommen werden.

Aus diesen Gründen ist eine Nutzung der Pegelanlage nicht mehr zulässig und deshalb zeitnah ein Rückbau anzustreben. Diese Baumaßnahme sollte gemeinsam mit der Renaturierung des begradigten Abschnittes erfolgen, da so nur ein einmaliger Eingriff in den Naturraum stattfindet.

6.4. Zusammenfassung der Defizitanalyse

In der gerade detailliert durchgeführten Analyse sind einige schwerwiegende Defizite zu erkennen. Dazu gehören:

- Begradigung und Ausbau des Abschnittes
- Befestigung des Gewässerlaufes
- beidseitige Nutzung der Gewässerrandstreifen
- unvorteilhafte Strömungslenkung durch den Einbau der untersten Buhne und die daraus resultierende Anlandung von Sedimenten und das Auftreten von Auskolkung im Brückenbereich → dieser Zustand verhindert die Messung mit der Ultraschall-Durchflussmessanlage
- fehlende Strukturelemente, z.B. Seitenerosion, Gleit- und Prallhänge, Tiefen- und Breitenvarianz, etc.
- Lage der (alten) Pegelanlage und Auftreten verschiedener Mängel

In der Analyse wird deutlich, dass die Einstufung des Planungsgebiets hinsichtlich der Gewässerstruktur (Klasse 6 (sehr stark verändert) und Klasse 7 (vollständig verändert)) gerechtfertigt ist. Die starken Defizite führen zu einer deutlich erkennbaren Veränderung im Vergleich zum natürlichen Zustand und haben Strukturarmut sowie fehlende Eigendynamik zur Folge. Die Verbesserung dieser Defizite gilt daher als wichtiges Ziel für die Gewässerentwicklung. Nichtsdestotrotz sind auch einige positive Elemente, wie ein Sturzbaum und der natürliche Uferbewuchs, vorhanden. Eine Erhaltung dieser Strukturen im Zuge der Gewässerentwicklungsplanung ist anzustreben.

7. Zielformulierung

In dem nachfolgenden Kapitel werden die im Planungsgebiet existierenden Zielkonflikte bzw. Restriktionen herausgearbeitet und hierauf aufbauend vier Varianten für die Umgestaltung der Kinzig entwickelt und bewertet. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird die Vorzugsvariante bestimmt, das für den Planungsabschnitt geltende Leitbild definiert sowie ein optimaler Standort für die Installation einer Ultraschall-Durchflussmessanlage und eines Wasserstandradars gewählt. Die Festlegung von Entwicklungszielen schließt das Kapitel ab.

7.1. Darstellung der Zielkonflikte

Zielkonflikte entstehen, wenn die im Projektgebiet aktuell bzw. zukünftig geplanten Nutzungen mit den Vorgaben des hpn-Zustandes nicht vereinbar sind und Restriktionen bei der Umsetzung darstellen. Auch bei bestehenden Schutzgebieten führen die Eingriffe zu Unstimmigkeiten, da die Maßnahmen den festgelegten Schutzgebietszielen entgegenstehen.

Die Brücke der Bundesstraße B8 (Lamboybrücke) stellt einen solchen Zielkonflikt dar. Sowohl ihre Funktion als Durchlass, als auch die Befestigung von Böschung und Ufer, verhindern eine Umsetzung des hpn-Zustandes.

Eine weitere Restriktion ist das bestehende Mehrfamilienhaus (ehemaliges Forsthaus, Bestandsschutz), das eine rechtsseitige Entwicklung der Kinzig zwischen km 4,563 und km 4,670 verhindert und zusätzlich eine Befestigung der Böschungen mit Wasserbausteinen zur Verhinderung von Seitenerosionen notwendig macht. Nur ein Verkauf des Grundstücks durch die Eigentümer an die Gemeinde bzw. eine Enteignung würde eine Umsiedlung der Bewohner und einen Rückbau des Hauses ermöglichen. Dieser Aufwand ist jedoch nicht vertretbar, die Aufrechterhaltung der Siedlung ist somit vorrangig und zu tolerieren.

Das Planungsgebiet ist Bestandteil eines Landschaftsschutz- und FFH-Gebietes (siehe Kapitel 3.4., Seite 18), weshalb zwangsläufig ein Zielkonflikt mit dem Natur- und Landschaftsschutz besteht. Für die Erreichung eines guten ökologischen Zustandes der Kinzig sind Baumaßnahmen unabdingbar, stellen aber gleichzeitig einen Eingriff in den Naturraum dar und stehen somit den Zielen der Schutzgebiete entgegen. Die obere und untere Naturschutzbehörde (RP Darmstadt bzw. Stadt Hanau) muss daher für das Bauvorhaben eine Genehmigung erteilen und naturschutzrechtliche Auflagen festsetzen. Hierfür werden planungsrelevante Unterlagen – z.B. ein ausführlicher Bauablauf, eine Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung, ein artenschutzrechtliches Gutachten oder eine FFH-Vorprüfung – benötigt. Generell gilt zu jedem Zeitpunkt, jegliche Auswirkungen der Baumaßnahme auf die ansässige Flora und Fauna zu minimieren.

Beidseitig des Gewässerverlaufes der Kinzig ist ein Weg vorhanden, der aktuell die eigendynamische Entwicklung und die Ausbildung eines Gewässerrandstreifens verhindert. Der Zu-

gang zum Naherholungsgebiet soll nach Abschluss der Baumaßnahmen weiterhin für die Bevölkerung gewährleistet sein, auch, um so eine Akzeptanz des Eingriffs zu erreichen. Ob hierfür ein Neubau des Weges oder der Bau von Brücken notwendig ist, wird spezifisch bei der Vorzugsvariante berücksichtigt.

Ein weiterer Zielkonflikt besteht mit der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau, die die bestehende Übungs- und Trainingsstrecke trotz jahrelanger Nichtnutzung behalten möchte. Eine zukünftige Nutzung nach Abschluss der Baumaßnahmen ist jedoch nicht mit dem hpn-Zustand sowie den bestehenden Schutzgebieten vereinbar und wird nicht zugesagt.

7.2. Renaturierungsmöglichkeiten

Langfristig soll das Planungsgebiet an der Kinzig gemäß WRRL einen guten ökologischen sowie naturnahen Zustand aufweisen. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden hierfür drei Renaturierungsmöglichkeiten aufgezeigt sowie die Vorzugsmöglichkeit für das Projektgebiet erarbeitet.

7.2.1. Vorstellung der Renaturierungsmöglichkeiten

Insgesamt sind drei Renaturierungsmöglichkeiten denkbar, die sich durch die Stärke des Eingriffs unterscheiden. Die Entfernung des Ufer- und Sohlenverbau ist bei allen drei Möglichkeiten zwingend notwendig, da ihr Vorhandensein jegliche Verbesserungen unterbindet.

Möglichkeit 1: Eigendynamische Gewässerentwicklung

Die erste Möglichkeit sieht nach der Entfernung von Ufer- und Sohlenverbau keinen Einbau wasserbaulicher Strukturen vor. Die Erreichung eines naturnahen Zustandes bzw. der Vorgaben des hpn-Zustandes werden lediglich durch die Eigendynamik der Kinzig erreicht.

Möglichkeit 2: Dynamische Gewässerentwicklung durch den Einbau wasserbaulicher Maßnahmen

Bei der zweiten Möglichkeit wird durch den Einbau wasserbaulicher Strömungslenker – bspw. Buhnen, Totholz und Störsteine – und einem Uferanriss an dem jeweils gegenüberliegenden Ufer eine Einengung des Querschnitts herbeigeführt und so die Eigendynamik der Kinzig unterstützt. Ufer- und Krümmungserosionen treten als Folge auf und fördern so langfristig die Ausbildung einer natürlichen Lauform sowie gewässertypischer Ufer- und Sohlenstrukturen. (vgl. Gebler 2005, 49)

Möglichkeit 3: Verlegung des Gewässerlaufs

Die dritte Möglichkeit bezeichnet eine teilweise oder komplette Verlegung des Gewässerlaufs. Eine Anbindung des Altwassers sowie die Nutzung vorhandener Gräben sind hierbei denkbar. Zusätzlich unterstützt und fördert der Einbau wasserbaulicher Strukturen die Eigendynamik der Kinzig. Diese Variante stellt den größten Eingriff dar, ermöglicht gleichzeitig aber auch eine gezielte Anpassung an einen naturnahen Zustand.

7.2.2. Wahl der Renaturierungsmöglichkeit


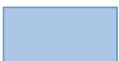
Das Mehrfamilienhaus, die Lamboybrücke sowie die beidseitig angelegten Wege stellen deutliche Einschränkungen für die Entwicklung einer natürlichen Laufstruktur dar und verhindern die Ausbildung eines Gewässerrandstreifens. Bei den ersten beiden Möglichkeiten sind daher die Erreichung einer naturnahen Laufentwicklung und die Ausbildung naturnaher Ufer- und Sohlenstrukturen voraussichtlich erst nach einigen Jahrzehnten bzw. gar nicht möglich. Diese zwei Möglichkeiten schaffen keine neuen Überflutungsflächen und stellen daher keine Verbesserung der Hochwasserretention dar. Bei der dritten Möglichkeit wird eine Laufkrümmung entwickelt und gleichzeitig eine Verbesserung des Hochwasserschutzes erreicht. Ein Gewässerrandstreifen sowie die Erhaltung oder Verlegung des Fußgänger- und Radweges sind denkbar. Der Einbau wasserbaulicher Elemente fördert zudem die Eigendynamik.

Aufgrund der Vorteile der 3. Möglichkeit „Verlegung des Gewässerlaufs“ erweist sich diese als am besten geeignet für das Planungsgebiet.

7.3. Variantenentwicklung

Bei einer Verlegung der Kinzig sind grundsätzlich vier Varianten realisierbar, die im Nachfolgenden vorgestellt werden. Bei allen vier Varianten wird der bestehende Gewässerverlauf nicht verfüllt, sondern zukünftig als Flutmulde bzw. neuer Altarm genutzt, da so zusätzliche Retentionsfläche zur Verfügung steht. Tabelle 13 stellt die in den Abbildung 45 bis Abbildung 48 verwendeten Symbole dar, die Fließrichtung wird durch den weißen Pfeil gekennzeichnet.

Tabelle 13: Legende der in den Varianten verwendeten Symbole

Symbol	Bedeutung
	geplanter Gewässerlauf
	Flutmulde

Variante 1: Linksseitige Verlegung (in Fließrichtung)

Bei Variante 1 ist über die gesamte Planungsstrecke eine linksseitige Verlegung des Gewässerlaufes vorgesehen (siehe Abbildung 45). In der oberen Hälfte des Projektgebietes (Wald, ab km 4,780) werden bereits vorhandene Vertiefungen – Entwässerungsgraben der Pioneer Kaserne und ca. 20 m lange Grube – für die Laufentwicklung genutzt. Ab dem Ende des Waldgebietes (untere Hälfte, km 4,528 bis 4,780) wird die Kinzig über das Grünland verlegt. Für das Mehrfamilienhaus wird durch den größeren Abstand zur Kinzig ein verbesserter Hochwasserschutz sichergestellt. Durch die Laufverlegung wird der Abstand zur Einleitung des rechtsseitig befindlichen Altwassers vergrößert, weshalb dessen Anschließung nur noch bei sehr starkem Hochwasser möglich ist.

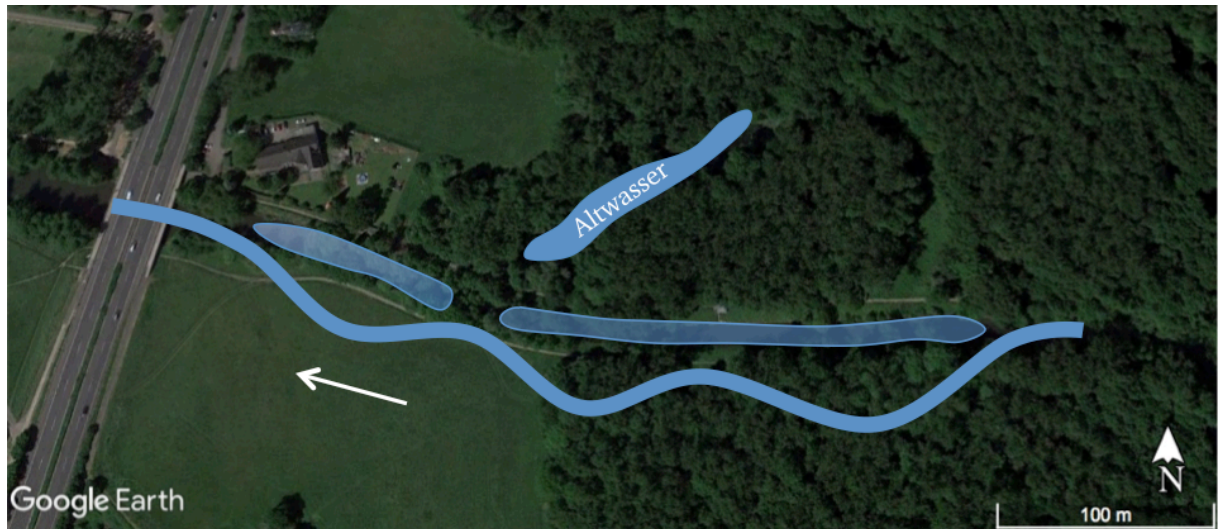


Abbildung 45: Skizze von Variante 1: linksseitige Verlegung (in Fließrichtung, in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin)

Variante 2: Rechtseitige Verlegung in der oberen Hälfte und linksseitige Verlegung in der unteren Hälfte (in Fließrichtung)

Bei der zweiten Variante (siehe Abbildung 46) ist in der oberen Hälfte des Planungsgebietes (km 4,780 bis km 5,000) eine rechtsseitige Verlegung durch den Wald vorgesehen. Dabei werden bereits bestehende Vertiefungen im Wald genutzt. In der unteren Hälfte (ab der Höhe des Altwassereinlaufs, km 4,735) ist eine linksseitige Verlegung über das Grünland beabsichtigt. Durch die Vergrößerung der Entfernung zwischen Kinzig und Mehrfamilienhaus kommt es, analog zu Variante 1, zu einer Verbesserung des Hochwasserschutzes. Das Altwasser wird bei höheren Wasserständen angeschlossen.

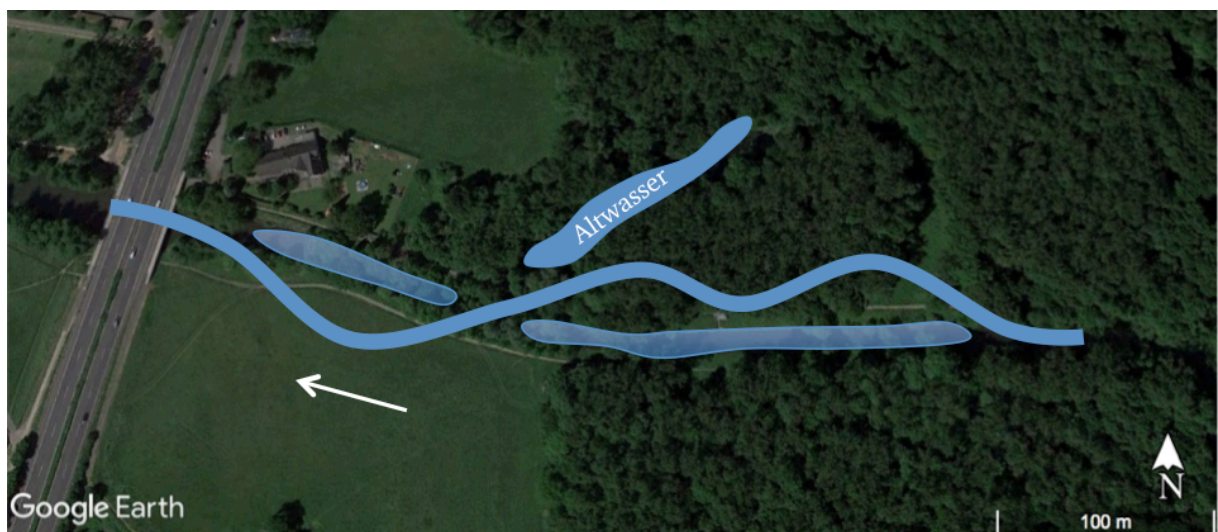


Abbildung 46: Skizze von Variante 2: Rechts- und linksseitige Verlegung (in Fließrichtung, in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin)

Variante 3: Anschließung des Altwassers/Reaktivierung des Altarms

Bei der Betrachtung des historischen Verlaufs (siehe Kapitel 5.2., Seite 48) wurde deutlich, dass früher eine rechtsseitige Schleife den Gewässerlauf der Kinzig prägte. Dieser Altarm ist aktuell auf Luftbildern erkennbar und wird bei Variante 3 (siehe Abbildung 47) reaktiviert (km 4,735 bis km 5,000). Ab der Höhe des Altwassereinlaufs bis zum unteren Ende des Planungsgebietes (km 4,528 und 4,735) ist keine Veränderung des Ist-Zustandes vorgesehen, die Kinzig verläuft geradlinig. Diese Variante stellt nahezu den historischen Verlauf dar, schafft aber für das Mehrfamilienhaus keinen zusätzlichen Sicherheitsabstand zur Kinzig.

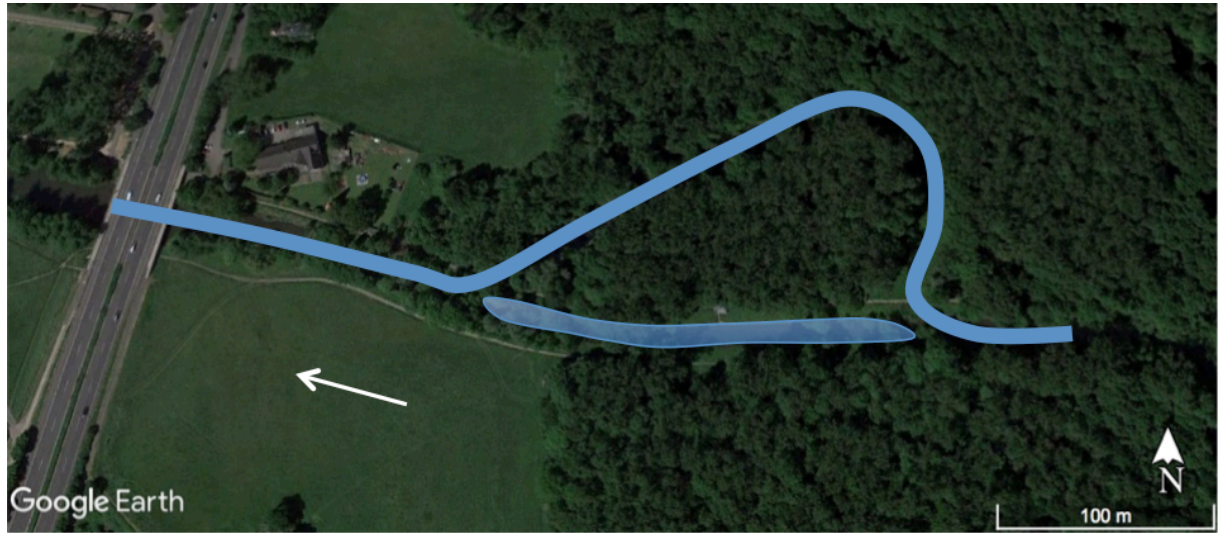


Abbildung 47: Skizze von Variante 3: Anschließung des Altwassers//Reaktivierung des Altarms (in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin)

Variante 4: Anschließung des Altwassers/Reaktivierung des Altarms und linksseitige Verlegung in der unteren Hälfte (in Fließrichtung)

Bei der vierten und letzten Variante (siehe Abbildung 48) wird, wie bereits bei Variante 3, der Altarm zwischen km 4,735 und km 5,000 reaktiviert. Das Gewässerbett des Ist-Zustandes bleibt als Altarm bestehen. Die stromaufwärts befindliche Einmündung (km 4,970) ist folglich nur bei Hochwasser angeschlossen, stromabwärts besteht dauerhaft Kontakt zum Hauptlauf. Daneben ist zwischen km 4,600 und km 4,735 eine in Fließrichtung betrachtete, linksseitige Verlegung der Kinzig über das Grünland vorgesehen. Der vergrößerte Abstand zwischen Kinzig und Mehrfamilienhaus bedeutet dann eine Verbesserung des Hochwasserschutzes.

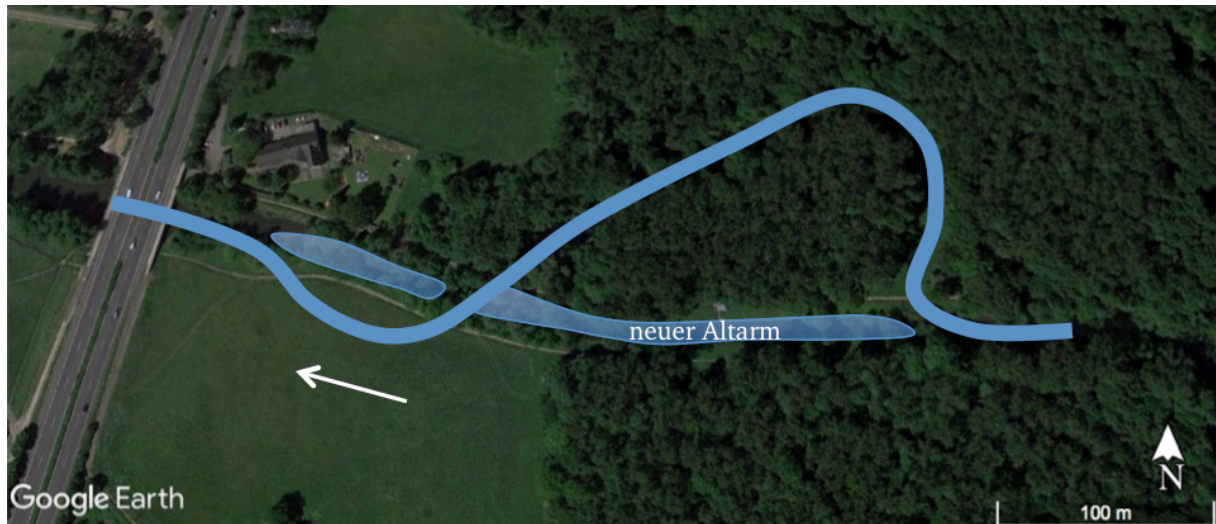


Abbildung 48: Skizze von Variante 4: Anschließung des Altwassers//Reaktivierung des Altarms und linksseitige Verlegung in der unteren Hälfte (in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin)

7.4. Variantenentscheidung

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile der vier in Kapitel 7.3. (Seite 65) vorgestellten Varianten erläutert sowie abschließend die am besten geeignete Variante für das Planungsgebiet herausgearbeitet.

Alle vier Varianten verändern den Verlauf der Kinzig durch Laufkrümmungen positiv und stellen daher eine Verbesserung gegenüber dem aktuellen Zustand dar. Zusätzlich wird bei allen Varianten das bestehende Gewässerbett als Flutmulde bzw. Altarm genutzt und so zusätzliche Überflutungsfläche geschaffen (Vorteil).

Die geplante Laufkrümmung (mäßig geschwungen) in Variante 1 und 2 ist für die Kinzig untypisch und erfüllt daher nur bedingt einen naturnahen Zielzustand. Beide Varianten greifen durch die Verlegung des Gewässers und die Ausbildung eines Gewässerrandstreifens deutlich in den Naturraum ein, da der Bewuchs in dem Verlegungsbereich komplett zerstört wird. Erst nach mehreren Jahrzehnten wäre erneut ein dichter Bewuchs vorhanden. Aus Sicht des Naturschutzes ist die Umsetzung dieser Varianten deshalb nicht zu empfehlen. Hohe zu erwartenden Kosten und die Verlegung der Fußgänger- und Radwege bzw. der Bau von Brücken stellen weitere Nachteile dar. Zudem ist bei Variante 1 eine Anschließung des Altwassers nur bei sehr starkem Hochwasser realisierbar, wodurch ein wertvoller Lebensraum für die ansässige Flora und Fauna verloren geht.

In Variante 3 und 4 – identisch in der oberen Hälfte des Planungsgebietes – sind geringere Auswirkungen für das Landschaftsschutz- und FFH-Gebiet zu erwarten, da mit der Reaktivierung des Altarms (obere Hälfte des Planungsgebietes, Orientierung am historischen Verlauf)

eine bereits vorhandene, bewuchsarme Struktur genutzt wird (Kosteneinsparung). Zudem ist die im Altarm oft vorkommende Brennnessel kein schützenwertes Gut und folglich bei den Baumaßnahmen nicht zu beachten. Zusätzlich bleibt der angrenzende Bewuchs weitestgehend erhalten. Die Vor- und Nachteile der geplanten Verlegungsstrecke in der unteren Hälfte des Projektgebietes werden für Variante 3 und 4 separat betrachtet.

In Variante 3 bleibt der Weg beidseitig vollständig erhalten, eine Umlegung oder der Bau einer weiteren Brücke ist daher nicht notwendig. Hierdurch werden zwar Kosten eingespart, allerdings ist auch zukünftig die Ausbildung eines Gewässerrandstreifens zwischen km 4,561 und km 4,735 nicht realisierbar. Da die Kinzig zwischen km 4,528 und km 4,735 nicht verlegt wird (Ist-Zustand bleibt erhalten), wird keine Flutmulde ausgebildet und keine zusätzliche Überflutungsfläche geschaffen. Vorteilhaft ist dagegen, dass Variante 3 dem historischen Verlauf entspricht.

In Variante 4 wird die Kinzig zwischen km 4,528 und km 4,735 ins linksseitig gelegene Grünland verlegt (Schaffung zusätzlicher Überflutungsfläche, Unterschied zu Variante 3). Als Folge entsteht ein zusätzlicher Sicherheitsabstand zwischen Gewässer und Mehrfamilienhaus. Der geplante, stark geschwungene Lauf ist für die Kinzig typisch, ermöglicht eine zukünftige eigendynamische Entwicklung und orientiert sich stark am historischen Verlauf. Gleichzeitig ist die Berücksichtigung eines beidseitigen Gewässerrandstreifens möglich, in dem durch Sukzession langfristig ein naturraumtypischer Bewuchs entstehen und so eine Aufwertung des Naturraumes stattfinden wird. Der linksseitig verlaufende Weg wird an den Gewässerrandstreifen angrenzend verlegt, die übrigen Wege bleiben erhalten.

Aus dieser Bewertung lässt sich folgern, dass Variante 4 für die Gewässerentwicklung im Projektgebiet an der Kinzig am besten geeignet ist.

Die vier ausgearbeiteten Varianten sowie die Wahl der Vorzugsvariante wurden Herrn Schroth (Ansprechpartner der unteren Naturschutzbehörde – Stadt Hanau) in einem persönlichen Gespräch (17. Juli 2017) vorgestellt. Auch aus seiner Sicht stellt Variante 4 die Vorzugsvariante dar, da sie minimale Eingriffe in den Naturraum und gleichzeitig eine optimale Laufkrümmung für die Kinzig darstellt.

Variante 4 „Anschließen des Altwassers/Reaktivierung des Altarms und linksseitige Verlegung in der unteren Hälfte (in Fließrichtung)“ wird somit für die weiteren Planungen empfohlen.

7.5. Leitbild

Das nach Scherle definierte „realistische oder integrierte Leitbild“ (Scherle 1999, 1-9) der Gewässerentwicklungsplanung stellt denjenigen umsetzbaren Zielzustand eines Fließgewässers dar, der sich am hpn-Zustand orientiert, gleichzeitig aber auch die vorherrschenden Ziel-

konflikte und Restriktionen berücksichtigt. Das spezifische Leitbild wird nach der Variantenentwicklung und -entscheidung entwickelt (siehe Tabelle 14). Deutliche Unterschiede zum hpn-Zustand ergeben sich bei den Einzelparametern Durchlass/Brücke, Uferverbau, Flächennutzung und besondere Umfeldstrukturen (siehe Kapitel 5.4., Seite 51).

Tabelle 14: Leitbild für die Gewässerentwicklungsplanung an der Kinzig

HP	Einzelparameter	Beschreibung
Laufent- wicklung	Laufkrümmung	stark geschwungen
	Krümmungserosion	vereinzelt schwach bis vereinzelt stark
	Längsbänke	wenige
	Besondere Laufstrukturen	wenige bis mehrere (Sturzbäume, Treibholzverkläusungen)
Längsprofil	Querbauwerke	keine
	Verrohrung/Überbauung	keine
	Rückstau	kein
	Querbänke	keine
	Strömungsdiversität	gering bis mäßig
	Tiefenvarianz	mäßig
Querprofil	Profiltyp	Trapezprofil (variierendes Erosionsprofil durch Eigenentwicklung)
	Profiltiefe	flach bis mäßig tief
	Breitenerosion	keine
	Breitenvarianz	mäßig bis groß
	Durchlass/Brücke	Lamboybrücke, Brücke für Fußgänger und Radfahrer
Sohlen- struktur	Sohlensubstrat	vorwiegend Fein- und Mittelsand, teilweise auch Kiese, Schotter und Steine
	Sohlenverbau	kein
	Substratdiversität	mäßig
	Besondere Sohlstrukturen	mehrere (Totholz, Wurzelflächen)
Uferstruktur	Uferbewuchs	gewässertypischer Bewuchs (Bulau)
	Uferverbau	auf Höhe des Mehrfamilienhauses (zu Verhinderung von Erosionen und damit zum Schutz des Hauses)
	Besondere Uferstrukturen	wenige bis mehrere (Sturzbaum, Holzansammlung, Prall- und Gleithänge, Schotter- und Kiesbänke)
Gewässer- umfeld	Flächennutzung	Siedlung, Verkehr, Grünland, Mischwald
	Gewässerrandstreifen	beidseitig vorhanden (Sukzession)
	Besondere Umfeldstrukturen	befestigte Verkehrsanlage (Lamboybrücke)

7.6. Standortwahl der Ultraschall-Durchflussmessanlage

Aufgrund der in Kapitel 6.3.4. (Seite 61) beschriebenen Problematiken ist zeitnah ein Rückbau der (alten) Pegelanlage anzustreben. Nach den Vorgaben des RPAUF soll die Messung des Durchflusses zukünftig nur noch mit einer Ultraschall-Durchflussmessanlage durchgeführt werden, deren Standort sich möglichst nah am Planungsgebiet befindet. Theoretisch ist die Montage an der aktuellen Position im Brückenbereich sowie 130 m flussabwärts (km 4,400, keine Uferbefestigung, aber viel Bewuchs im Messquerschnitt) denkbar. Ein oberhalb der Brücke gewählter Standort ist aufgrund des bestehenden Landschaftsschutz- und FFH-Gebietes nicht zulässig. Beide Standorte werden in Tabelle 15 (Seite 72) auf die Erfüllung verschiedener Kriterien hin verglichen. Die einzuhaltenden Bedingungen der Anlage sind Anlage 13 (Seite 151) zu entnehmen. Das Kriterium „Windeinfluss“ wird nicht beachtet, da es nach dem Leitfaden als „vernachlässigbar“ gilt (vgl. Quantum Hydrometrie 2011, 25).

Bei beiden Standorten ist zu beachten, dass sich diese im Rückstaubereich des Kinzigwehres – auch unter dem Namen Herrenmühlenwehr bekannt (Lage: Otto-Wels-Str. in Hanau, km 2,870 der Kinzig) – befinden. Dieses ist seit 1993 in Betrieb und erzeugt über eine Kaplan-Turbine Strom für rund 170 Haushalte (vgl. Stadt Hanau 2017 b). Nach den Aussagen von Herrn Schwarz, Mitarbeiter der anerkannten Naturschutzvereinigung „Verband Hessischer Fischer e.V.“ ist die ökologische Durchgängigkeit der Kinzig an diesem Punkt nicht gewährleistet, da eine Fischabstiegsanlage nicht vorhanden und auch das Funktionieren des Umgehungsgerinnes ist nicht nachgewiesen ist (Stand: Juni 2015) (vgl. Schwarz 2015, 1).

Der Betrieb eines Wehres unterhalb einer Pegelanlage führt zu wechselnden hydraulischen Verhältnissen, weshalb eine Verfälschung der Messergebnisse nicht ausgeschlossen werden kann und generell von einem Standort im Rückstaubereich eines Wehres abgeraten wird. Nach dem Leitfaden ist das Kriterium „gestaute und ungestaute Bereiche“ jedoch als „problemlos“ eingestuft. Es wird davon ausgegangen, dass im Zuge der Planungen für die Installation der Ultraschall-Durchflussmessanlage an der Lamboybrücke bewiesen wurde, dass durch den Rückstau keine Beeinflussung der hydraulischen Anforderungen im Messquerschnitt stattfindet. Ein möglicher Standort der Pegelanlage am Wehr wird in der Abschlussarbeit nicht betrachtet, da von Seiten des RPAUFs ausdrücklich eine Position in unmittelbarer Nähe zum Planungsgebiet gewünscht ist.

Tabelle 15: Vergleich von zwei Standorten für die Installation einer Ultraschall-Durchflussmessanlage auf die Erfüllung verschiedener Kriterien

Kriterium	Position der Messanlage: km 4,530 (Lamboybrücke)	Position der Messanlage: km 4,400
Anströmung	oberhalb: • gerader Verlauf auf ca. 40 m, dann leicht geschwungener Verlauf unterhalb: • gerader Verlauf auf ca. 530 m → Bedingung erfüllt	oberhalb: • gerader Verlauf auf ca. 200 m unterhalb: • gerader Verlauf auf ca. 400 m → Bedingung erfüllt
Wasserstand	die Mindestüberdeckung der Wandler ist voraussichtlich aufgrund des Rückstaus des Wehres eingehalten → Bedingung erfüllt	die Mindestüberdeckung der Wandler ist voraussichtlich aufgrund des Rückstaus des Wehres eingehalten → Bedingung erfüllt
Geschwindigkeitsverteilung	keine Rückströmungszonen im Messquerschnitt → Bedingung erfüllt	keine Rückströmungszonen im Messquerschnitt → Bedingung erfüllt
Gewässersohle	keine Aussage möglich (ein Vergleich verschiedener zeitlich versetzter Vermessungen des Messquerschnitts ist notwendig)	keine Aussage möglich (ein Vergleich verschiedener zeitlich versetzter Vermessungen des Messquerschnitts ist notwendig)
Ufer	stabiler Messquerschnitt aufgrund vorhandener Befestigung und fehlendem Bewuchs → Bedingung erfüllt	kein stabiler Messquerschnitt aufgrund fehlender Befestigung und vorhandenem Uferbewuchs → Bedingung nicht erfüllt
Messpfad	keine Beeinträchtigung durch Hindernisse und Steine; Krautfahnen bei Vorhandensein entfernen → Bedingung erfüllt	keine Beeinträchtigung durch Hindernisse und Steine; Krautfahnen bei Vorhandensein entfernen → Bedingung erfüllt
Lage oberhalb von Staustufen	Abstand zum Kinzigwehr: 1660 m → Bedingung erfüllt	Abstand zum Kinzigwehr: 1530 m → Bedingung erfüllt
Temperaturgradient	Temperaturgradient ist nicht zu erwarten (keine Kühlwassereinflüsse oder Altarmzuflüsse oberhalb des Messquerschnittes) → Bedingung erfüllt	Temperaturgradient ist nicht zu erwarten (keine Kühlwassereinflüsse oder Altarmzuflüsse oberhalb des Messquerschnittes) → Bedingung erfüllt
Salzgradient	keine Aussage möglich (Messung der Salinität ist notwendig)	keine Aussage möglich (Messung der Salinität ist notwendig)
Luftblasen	Luftblaseneintrag ist nicht zu erwarten (keine Wehranlagen oberhalb des Messquerschnittes) → Bedingung erfüllt	Luftblaseneintrag ist nicht zu erwarten (keine Wehranlagen oberhalb des Messquerschnittes) → Bedingung erfüllt
Schwebstoffe	keine Aussage möglich (Schwebstoffmessung ist notwendig)	keine Aussage möglich (Schwebstoffmessung ist notwendig)

Guter Zugang zur Messstelle	asphaltierter Weg, ggf. Einschränkung für schwere Geräte durch Brückenhöhe → Bedingung erfüllt	kein asphaltierter Weg vorhanden und Einschränkung durch starken Uferbewuchs → Bedingung nicht erfüllt
Kabelführung	bereits vorhanden → Bedingung erfüllt	aktuell nicht vorhanden Ufer: Verlegung in Schutzrohren Gewässerquerung: keine Brücke vorhanden → Kabel in Gewässersohle einspülen → Bedingung nicht erfüllt
Eignung für Vergleichsmessungen mit einem hydrometrischen Flügel	hydrometrischer Flügel kann nur bis zu einer Höhe von 3 m von einer Brücke aus eingesetzt werden (Lamboybrücke zu hoch) → Bedingung nicht erfüllt	keine Brücke vorhanden → Position ist nicht für eine Vergleichsmessung geeignet → Bedingung nicht erfüllt
Eignung für Vergleichsmessung mit dem Moving Boat-Verfahren	ADCP-Boot kann von der Brücke eingesetzt werden → Position ist für eine Vergleichsmessung geeignet → Bedingung erfüllt	keine Brücke vorhanden → Position ist nicht für eine Vergleichsmessung geeignet → Bedingung nicht erfüllt

Aus der Tabelle geht hervor, dass der Querschnitt an der Lamboybrücke durch die definierte und stabile Form (Kriterium „Ufer“) – bedingt durch die vorhandenen Befestigungen – und die Fassung des gesamten Abflusses (auch bei Hochwasser) vorteilhaft ist. Um an km 4,400 Messungen mit einer Pegelanlage durchführen zu können, ist vor Inbetriebnahme die Erhöhung der Ufer (schätzungsweise um 0,5 m für die Erfassung höherer Wasserstände, aber dennoch Ausuferungen), das Entfernen des Bewuchses und der Einbau einer Uferbefestigung notwendig. Diese Maßnahmen stellen einen massiven Eingriff in den Naturraum dar, bedeuten einen deutlichen Aufwand und sind zusätzlich mit hohen Kosten verbunden.

Der gute Zugang zur Messstelle und die bereits verlegten Kabel sind weitere wichtige Vorteile des Standortes „Lamboybrücke“. Obwohl dieser Standort aufgrund der Höhe der Brücke nicht für Vergleichsmessungen mit einem hydrometrischen Flügel geeignet ist, ist dies kein schwerwiegender Nachteil, da Vergleichsmessungen mit einem ADCP-Boot möglich sind. Bei einer Positionierung an km 4,400 sind diese Kriterien zum aktuellen Zeitpunkt nicht erfüllt. Vor allem die Eignung für Vergleichsmessungen ist nicht umsetzbar, da weder eine Brücke noch ein Messsteg oder eine Seilkrananlage vorhanden sind.

Ein weiterer Vorteil ist, dass zukünftig keine Baumaßnahmen im Brückenbereich zu erwarten sind. Im Unterlauf kann dies zum aktuellen Zeitpunkt nicht abgeschätzt werden, denn für die Erreichung eines guten ökologischen Zustandes – aktuell: Gewässergüteklasse 5 (sehr stark verändert) – ist eine Renaturierung und eine damit verbundene Standortverlagerung der Messanlagen notwendig.

Aus diesen Punkten ist ersichtlich, dass der Standort an der Lamboybrücke für die Anforderung einer Ultraschall-Durchflussmessanlage am besten geeignet ist und folglich für die weiteren Planungen empfohlen wird. Bei den Renaturierungsarbeiten ist auf einen mittigen Strömungsstrich im Messbereich zu achten, ggf. durch den Einbau einer zusätzlichen rechtsseitigen Buhne. Für die Gewährleistung konstanter hydraulischer Verhältnisse und das Messen langfristiger zuverlässiger Ergebnisse, ist die Wiederherstellung eines gleichmäßigen Messprofils mit konstantem Gefälle unabdingbar und in die Maßnahmenumsetzung mit einzuplanen. Im Vergleich zu einem kompletten Neubau der Pegelanlage ist dieser Eingriff mit deutlich geringeren Kosten und keinen Auswirkungen auf die Natur verbunden.

7.7. Standortwahl des Wasserstandradars

Bei der Standortwahl eines Wasserstandsrads ist das Kriterium einer lotrechten Lage über dem Gewässer – maximale Abweichung von 5° – zu erfüllen. Die Lamboybrücke ist für eine Installation optimal geeignet, da ein Wasserstandsradar vorwiegend an Brücken oder Messstegen befestigt wird. Ein Standort flussabwärts ist aufgrund fehlender Montagemöglichkeiten nicht umsetzbar, weshalb andere Techniken zur Messung des Wasserstands (z.B. Pegellatte oder Einperl-/Druckluftpegel) angewendet werden müssten. (vgl. Morgenschweis 2010, 76)

7.8. Formulierung von Entwicklungszielen

Die im Planungsgebiet vorherrschenden Restriktionen verhindern in einigen Bereichen die Umsetzung des hpn-Zustandes. Ein Vergleich zwischen dem hpn-Zustand und der aktuellen Situation, und unter Beachtung der Einschränkungen, ermöglicht folglich die Bestimmung der im Betrachtungsabschnitt realisierbaren Entwicklungsziele.

Es wird zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungszielen unterschieden. Als kurzfristig werden diejenigen Ziele definiert, die unmittelbar nach der Realisierung von Maßnahmen als erfüllt gelten. Mittelfristige Ziele benötigen dagegen für ihre Erreichung zehn bis 20 Jahre, langfristige Ziele werden nach ungefähr 20 bis 30 Jahren erreicht. (vgl. Patt 2016, 467)

Nachfolgend werden die kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungsziele für das Planungsgebiet an der Kinzig dargestellt. Eine Zuordnung zu den in Kapitel 6.1. (Seite 53) festgelegten Abschnitten findet nicht statt, da die Ziele im Planungsgebiet größtenteils identisch sind.

Kurzfristige Entwicklungsziele

- Naturnahe Linienführung bzw. Laufentwicklung
- Eigendynamische Entwicklung
- Bereitstellung von beidseitigen Gewässerrandstreifen
- Hydraulisch konstante Verhältnisse im Brückenbereich (durch die Befestigung des Messquerschnittes) → wichtig, um langfristig zuverlässige Messergebnisse sowie eine konstante Abflusskurve zu erhalten
- Rückbau der (alten) Pegelanlage
- Erhaltung des derzeit vorkommenden Bewuchses
- Verbesserung der Hochwasserretention, Schaffung neuer Überflutungsflächen (Hochwasservorsorge in der Fläche)
- Gewährleistung der ökologischen Durchgängigkeit
- Schutz des Mehrfamilienhauses vor Seitenerosionen
- Schaffung eines Naherholungsraums für den Menschen

Mittelfristige Entwicklungsziele

- eigendynamische Entwicklung von Ufer- und Sohlenstrukturen sowie von Seitenerosionen
- Erhaltung und Entwicklung gewässertypischer Vegetation (durch Sukzession), auch in den Gewässerrandstreifen
- Erhöhung der Strukturvielfalt an Ufer und Sohle
- Verbesserung der Lebensverhältnisse für Flora und Fauna sowie Erhöhung der Artenvielfalt
- Verringerung der Schadstoffeinträge aus der Landwirtschaft (Rücksprache mit den zuständigen Landwirten)
- natürliches Abflussgeschehen
- gewässerverträgliche angrenzende Nutzung
- Einhaltung der kurzfristigen Entwicklungsziele, ggf. mit Anpassungen

Langfristige Entwicklungsziele

- Guter ökologischer Zustand der Kinzig
- naturnahes und ökologisch funktionsfähiges Fließgewässer
- Einhaltung der kurz- und mittelfristigen Entwicklungsziele, ggf. mit Anpassungen

7.9. Abstimmung mit Beteiligten und Betroffenen

Die frühzeitige Einbeziehung von Fachplanern und Betroffenen in den Planungsprozess ist für die Vermeidung von Diskussionen bzw. Missverständnissen sinnvoll. Tabelle 16 fasst daher die im Planungsgebiet zu beteiligenden Behörden und Institutionen sowie ihre spezifische Meinung zu der Gewässerentwicklungsplanung zusammen.

Tabelle 16: Im Planungsgebiet zu beteiligende Behörden und Institutionen sowie ihre Meinung zu der Gewässerentwicklungsplanung

Behörde/Institution/ Anlieger	Meinung
RP Darmstadt Dezernat I 18 Öffentliche Sicherheit und Ordnung Kampfmittelräumdienst	Das Geländemodell des Planungsgebietes (siehe Anlage 19, Seite 160) zeigt mehrere signifikante Bodenstrukturen, wie sie sich nach einem Bombenabwurf ausbilden. Es ist davon auszugehen, dass es ein Bombenabwurfgebiet im Zweiten Weltkrieg war und daher sind eine Kampfmitteluntersuchung sowie eine ggf. notwendige Räumung anzusetzen.
RP Darmstadt Dezernat III 31.1 Regionalplanung	Die Renaturierungsmaßnahmen stellen nach der Prüfung durch das Dezernat keinen Konflikt mit den Zielen des „Regionalplans/Regionaler Flächennutzungsplan 2010“ dar.
RP Darmstadt Dezernat V 53.1 Naturschutz (Planungen und Verfahren) Obere Naturschutzbehörde	Um die Auswirkungen auf die vorherrschende Flora und Fauna im Landschaftsschutz- und FFH-Gebiet zu minimieren, wird angenommen, dass mehrere, von der oberen Naturschutzbehörde festgelegte, Auflagen berücksichtigt werden müssen. Folgende Auflagen sind denkbar: <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung der Maßnahmen während der Vegetationsruhezeit und außerhalb der Brutzeit der ansässigen Vögel • Minimierung der Rodung des bestehenden Bewuchses • Vorgaben für die Einrichtung von Baustelle und die Lagerung der benötigten Materialien
Stadt Hanau Untere Naturschutzbehörde	Die untere Naturschutzbehörde befürwortet die Gewässerentwicklungsplanung im Projektgebiet und steht der Vorzugsvariante positiv gegenüber. Sie formuliert zusätzlich die Vorgaben für die Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung.
Hessen Mobil	Als Betreiber der Lamboybrücke unterstützt Hessenmobil die Renaturierung im Planungsgebiet, da im Zuge der Maßnahmenumsetzung auch eine Befestigung des Querschnittes (Sohle und Böschung) und eine gleichmäßige Anströmung mit mittigem Strömungsstrich möglich sind. Das Auftreten von Auskolkungen, massiven Sedimentablagerungen und die Unterspülung von Brückenpfeilern werden folglich unterbunden. Die Stabilität der Brücke ist langfristig gewährleistet.
Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau	Die Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau steht den Maßnahmen kritisch gegenüber, da das Planungsgebiet zukünftig nicht mehr von Kanuten genutzt werden soll. Dies stellt für die Ski- und Kanugesellschaft den Verlust einer eigentlich genehmigten Übungs- und Trainingsstrecke dar.
Main-Kinzig-Kreis Untere Fischereibehörde	Die untere Fischereibehörde, die sich mit allen Themen rund um das Fischereiwesen und das hessische Fischereigesetz im Main-Kinzig-Kreis beschäftigt, hat grundsätzlich keine Bedenken geäußert, solange die Fischschonzeiten bei den Baumaßnahmen entsprechend berücksichtigt werden.

ASV Hanau	Der Angelverein hat eine neutrale Meinung, da eine Genehmigung mit hoher Wahrscheinlichkeit auch zukünftig erteilt werden kann. Bei der Bauausführung ist lediglich zu klären, an welcher Stelle dies durch einen direkten Zugang zum Wasser gestattet wird.
Bewohner des Mehrfamilienhauses	Es wird erwartet, dass die Bewohner den Baumaßnahmen kritisch gegenüberstehen, da diese Lärmbelästigung und Schmutz bedeuten. Zusätzlich kommt es für die Bewohner zu weiteren Einschränkungen, da die Zufahrt zum Grundstück auch als Baustellenzufahrt des Planungsgebietes genutzt wird. Da das Haus jedoch von einem Forsthaus zu einem Wohnhaus umgebaut wurde und nach heutiger Rechtslage nur aufgrund seines Bestandsschutzes unverändert bestehen bleiben darf – ein Haus ist in einem Landschaftsschutz- und FFH-Gebiet nicht zulässig – und die Baustelle zeitlich begrenzt ist, sind die Auswirkungen zu akzeptieren.
Hanau Netz GmbH	Die Hanau Netz GmbH wurde aufgrund der Nähe des Mehrfamilienhauses zum Planungsgebiet und ggf. vorhandenen Ver- und Entsorgungsleitungen beteiligt. Aus den Lageplänen ergeben sich jedoch keine Komplikationen.

8. Maßnahmenvorschläge

Die Kinzig besitzt innerhalb des Planungsgebietes aufgrund der Befestigung der Sohle und der Sicherung der Böschungen bzw. des Gewässerbettes eine sehr geringe Eigendynamik. Um einen naturnahen Zustand zu erreichen und den Anforderungen der WRRL gerecht zu werden, sind die Verlegung des Gewässerlaufes und die Umsetzung verschiedener Maßnahmen unabdingbar. Erst nach Abschluss dieses Prozesses ist eine eigendynamische Gewässerentwicklung zu erwarten.

Im nachfolgenden Kapitel werden die an der Kinzig geplanten Maßnahmen vorgestellt, die in die Bereiche Erhalten, Entwickeln und Umgestalten eingeteilt werden. Im Anschluss werden die Maßnahmen priorisiert sowie auf die Unterteilung des Planungsgebietes in einzelne Bauabschnitte und die Durchführung von Erfolgskontrollen eingegangen. Ihre zeitliche Abfolge ist den Bauablaufplänen (siehe Kapitel 10.3. und 10.4., Seite 103) zu entnehmen.

Es ist anzumerken, dass im Bereich der Lamboybrücke sowie ca. 100 m flussaufwärts aufgrund der bestehenden Wasserstands- und Abflussmessungen keine wasserbaulichen Elemente eingebaut werden dürfen. Dies ist für die Gewährleistung eines unveränderlichen Messquerschnittes und konstanter hydraulischer Verhältnisse notwendig. Zudem sollen die Materialien, die als Folge der Verlegung bzw. des Rückbaus bereits vor Ort vorhanden sind (z.B. Wasserbausteine, Totholz, Erde), größtenteils erneut verwendet werden.

8.1. Erhalten

Maßnahmen aus dem Bereich „Erhalten“ kennzeichnen diejenigen Elemente und Strukturen im Planungsgebiet, die aufgrund ihrer Funktion oder ihrer besonderen Bedeutung für den Naturraum auch zukünftig bestehen bleiben sollen (vgl. LfU 2002, 22). Im nachfolgenden Abschnitt werden diese erläutert.

Erhaltung des derzeit bestehenden Gewässerbettes als neuer Altarm und Flutmulde

Das bestehende Gewässerbett bleibt größtenteils erhalten und wird nicht verfüllt. Zwischen km 4,600 und km 4,700²³ ist eine Flutmulde vorgesehen, die bei Hochwasser zusätzlich Wasser abführt und so einen weiteren Retentionsraum schafft. Im Einmündungs- bzw. Auslaufbereich wird die Böschungshöhe im Vergleich zu der übrigen Verlegungsstrecke daher tiefer ausgebildet (Höhe: ca. 103,80 m ü. NN anstatt ca. 105,25 m ü. NN). Zwischen km 4,735 und km 4,930 bleibt das bestehende Gewässerbett als neuer Altarm (Ersatzstruktur für den Verlust des Altwassers) erhalten, d.h. die stromaufwärts befindliche Einmündung (km 4,950; Höhe: ca. 103,80 m ü. NN anstatt ca. 105,40 m ü. NN) ist nur bei Hochwasser angeschlossen, stromabwärts besteht dauerhaft Kontakt zum Hauptlauf.

²³ Die Kilometrierung in diesem Kapitel bezieht sich auf den bestehenden Gewässerlauf der Kinzig.

Erhaltung der Durchgängigkeit der Kinzig

Die Durchgängigkeit im Planungsgebiet soll auch zukünftig sichergestellt werden, um das natürliche Wanderverhalten der Fische und anderer Lebewesen nicht negativ zu beeinflussen.

Erhaltung des vorhandenen Bewuchses

Der zurzeit im Planungsgebiet vorkommende Bewuchs bleibt aufgrund seiner typischen Ausbildung weitestgehend erhalten (Vorteil für den Naturschutz). An der Schnittstelle von bestehendem und zukünftigem Gewässerlauf (km 4,735) sowie im Verlauf des neuen Gewässerbettes ist der Bewuchs aufgrund der Ausbildung der Querschnitte zu entfernen. Im übrigen Planungsgebiet sind die Auswirkungen der Eingriffe auf die vorherrschende Flora und Fauna generell zu minimieren.

Belassen von Totholz und Sturzbäumen

Totholz und Sturzbäume, die infolge von Absterbeprozessen oder früheren Ufererosionen bereits im neuen Gewässerverlauf vorhanden sind, werden aufgrund der unterschiedlichen Funktionen – Lebensraum und Nahrungsquelle für Kleinlebewesen sowie vielfältige Wirkung auf die Gewässerentwicklung (vgl. Gebler 2005, 24) – belassen und nur durch Drahtseile gesichert oder entfernt, falls eine Gefahr von ihnen ausgeht.

Vollständige Erhaltung des in Fließrichtung betrachteten rechtsseitigen Weges

Der rechtsseitige Weg bleibt im gesamten Planungsgebiet vollständig erhalten, da er zukünftig außerhalb des Gewässerrandstreifens verläuft und so keine Beeinträchtigung bei der Entwicklung der Kinzig darstellt. Die zwei für die Überquerung der Kinzig benötigten Brücken werden aus Holz gebaut und für einen bordvollen Abfluss konzipiert. Bei der Planung ist darauf zu achten, dass sicherheitshalber ein ca. 50 cm breites Freibord – vertikaler Abstand zwischen Bemessungshochwasser und Unterkante der Brücke – vorhanden ist.

Partielle Erhaltung des in Fließrichtung betrachteten linksseitigen Weges (zwischen km 4,770 und km 5,000)

Zwischen km 4,770 und km 5,000 bleibt der linksseitig gelegene Weg erhalten, da im oberen Abschnitt des Planungsgebietes eine rechtsseitige Verlegung der Kinzig vorgesehen ist.

8.2. Entwickeln

Die dem Bereich „Entwickeln“ zugeordneten Maßnahmen stellen Initialmaßnahmen dar und unterstützen durch ihren Einbau die zukünftige Gewässerentwicklung (vgl. LfU 2002, 22). Das nachfolgende Kapitel stellt diese Maßnahmen für das Planungsgebiet vor.

Förderung der eigendynamischen Entwicklung der Kinzig

Um zukünftig auch im Planungsgebiet eine eigendynamische Entwicklung der Kinzig – Grundprinzip einer jeden Renaturierung – vorzufinden, ist nach der Verlegung des Gewässer-

laufes das Einbringen verschiedener wasserbaulicher Elemente – z.B. Störsteine, Totholz und Kiesbänke – notwendig, da diese den Prozess initialisieren und fördern.

Ausweisung und Entwicklung von Gewässerrandstreifen

Entlang der Kinzig wird beidseitig ein ca. 15 m breiter Gewässerrandstreifen ausgewiesen, in dem für die Entwicklung einer naturnahen Vegetation Sukzession zugelassen wird. Nach Abschluss der Renaturierungsmaßnahmen ist im Bereich des Gewässerrandstreifens und der Böschungen die Einsaat von Regiosaatgut²⁴ empfehlenswert. Nach § 40 Abs. 4 Nr. 4 BNatSchG ist dies gebietsfremden Arten vorzuziehen. Von Initialpflanzungen wird abgesehen, da sich diese erfahrungsgemäß nicht optimal an die im Planungsgebiet vorherrschenden Bedingungen anpassen und so negative Einflüsse ausüben (vgl. § 40 BNatSchG 2017).

8.3. Umgestalten

Maßnahmen aus dem Bereich „Umgestalten“ sind auf denjenigen Abschnitten im Planungsgebiet anzuwenden, auf denen zukünftig keine eigendynamische Entwicklung der Kinzig möglich ist bzw. die Durchgängigkeit verhindert wird, bspw. durch Laufbegradigungen, Uferbefestigungen und vorhandene Wehre (vgl. LfU 2002, 23). Das nachfolgende Kapitel erläutert die im Planungsgebiet anzuwendenden Maßnahmen, durch die unter anderem das Ausbilden von Seitenerosionen sowie von Gleit- und Prallhängen erreicht wird.

Partielle Verlegung des in Fließrichtung betrachteten linksseitigen Weges (zwischen km 4,561 und km 4,770)

Da im unteren Abschnitt des Planungsgebietes eine linksseitige Verlegung der Kinzig vorgesehen ist, wird der Weg zwischen km 4,561 und km 4,770 zurückgebaut und außerhalb des Gewässerrandstreifens neu angelegt (wassergebundene Decke). So wird auch zukünftig ein beidseitiger Zugang für den Menschen zum Naherholungsgebiet ermöglicht. Gleichzeitig stellt der Weg eine deutliche Abgrenzung zum landwirtschaftlich genutzten Grünland dar.

Laufverlegung und -verlängerung

Der Ist-Zustand verhindert langfristig eine eigendynamische Entwicklung der Kinzig und das Erreichen eines guten ökologischen Zustandes. Aus diesem Grund wird der Gewässerlauf verlegt, verlängert und so dem historischen Verlauf vor dem Ausbau zwischen 1950 und 1951 angepasst. Dabei wird der Altarm reaktiviert und Teile des Grünlandes genutzt. Die Laufentwicklung wird an die Vorgaben des hpn-Zustandes (stark geschwungen) angepasst. Der Boden, der durch den Aushub des neuen Gewässerbettes anfällt, wird teilweise für die Verringerung des Altarm-Querprofils (von ca. 40 m auf 30 m) sowie für die Abgrenzung der Flutmulde und des Einmündungsbereichs des neuen Altarms verwendet. Ein Abtransport und die damit verbundenen Kosten werden folglich etwas verringert. Die Laufverlängerung fördert gleichzeitig die natürliche Retention und stellt so eine dezentrale Maßnahme des Hochwas-

²⁴ Regiosaatgut ist ein Saatgut, dass „in einer „bestimmten Region gewonnen wird, um später, in der Regel nach einer Zwischenvermehrung, in dieser Region wieder ausgebracht“ (BDP o.J.) zu werden.

serschutzes dar. Bei der Laufverlegung ist darauf zu achten, dass oberhalb der Ultraschall-Durchflussmessanlage lediglich ein leicht gekrümmter Verlauf vorhanden ist, um an der Lamboybrücke optimale Anströmbedingungen gewährleisten zu können.

Langfristige Sicherung des Messquerschnittes und konstanter hydraulischer Verhältnisse im Brückenbereich

Für Wasserstands- und Abflussmessungen ist ein konstanter Messquerschnitt notwendig, der im Zuge der Baumaßnahmen wiederhergestellt wird. Bei der Konstruktion des Querschnittes ist zu beachten, dass das Fundament jedes Brückenpfeilers nicht freigelegt wird, sondern im Böschungshang verborgen ist. So entsteht ein flaches Böschungsverhältnis von 1:5,1 und einer Sohlenbreite von ca. acht Metern (Höhe: 100,76 m ü. NN). Die bereits gepflasterten Böschungsabschnitte bleiben zukünftig erhalten. Zusätzlich werden Sohle und Böschungen mit einer Schicht aus Wasserbausteinen – Gewichtsklasse LMB_{10/60} – befestigt, um dauerhaft Auskolkungen und einer Unterspülung der Brückenpfeiler entgegenzuwirken. Wechselnde hydraulische Verhältnisse, bedingt durch Seiten- und Tiefenerosion, Ansandungen, Auskolkungen oder Bewuchs werden so weitestgehend verhindert und haben folglich keinen Einfluss auf die Beziehung zwischen Wasserstand und Durchfluss. Ein Regelquerschnitt (km 4,558) ist der beigefügten Mappe (Teil 1) zu entnehmen.

Regelmäßige Profilgestaltung

Im gesamten Planungsgebiet wird eine regelmäßige Profilgestaltung des Gewässerlaufes umgesetzt. So hat die Kinzig die Möglichkeit, den Gewässerlauf durch ihre Eigendynamik zu gestalten und auszubilden. Gleit- und Prallhänge werden vermutlich schon nach kurzer Zeit vorhanden sein. Die Querprofile werden auf Grundlage der Vermessung des Referenzabschnittes konstruiert (siehe Abbildung 38, Seite 45). Die Sohle wird 12 m breit angelegt und die Böschungen mit einem Gefälle von 1:1,5 ausgebildet. Beidseitig ist ein ca. 15 m breiter Gewässerrandstreifen vorgesehen. Ein Regelquerschnitt der Verlegungsstrecke (km 4,700) ist der beigefügten Mappe (Teil 1) zu entnehmen.

Einbau von Störsteinen

Der Einbau von Störsteinen trägt zur Strömungsablenkung, zur Schaffung von Stillwasserbereichen und so zu unterschiedlichen Strömungsmustern bei (vgl. Gebler 2005, 36f.). Die entstehenden Strömungsschatten dienen als Rückzugsbereiche für die vorkommende Fischfauna und verbessern folglich die Lebensbedingungen (vgl. Patt et. al. 2011, 273). Um die Standsicherheit auch bei Hochwasser zu gewährleisten, wird in Anlage 20 (Seite 161) der erforderliche Steindurchmesser der Wasserbausteine berechnet. Er ergibt sich demnach zu 11,19 cm (Gewichtsklasse LMB_{5/40}). Als Material werden Wasserbausteine, die bei der Entfernung des Sohlen- und Böschungsbefestigung anfallen, genutzt.

Einbringen von Totholz und Sturzbäumen

Das Einbringen von Totholz bzw. Sturzbäumen fördert die Eigendynamik der Kinzig, da diese Auswirkungen auf bspw. den Gewässerlauf, die Strömung, den Geschiebetransport, Erosionen an Sohle und Ufer und die Gewässermorphologie haben (vgl. Gebler 2005, 24). Gleich-

zeitig sind sie ein Lebensraum und eine Nahrungsquelle für Kleinlebewesen. Die im Strömungsschatten entstehenden Kiesbänke sind zudem ein wichtiges Laichsubstrat für die in der Kinzig vorkommenden Fische (vgl. Patt et. al. 2011, 273).

Schaffung von Kiesbänken

Kiesbänke strukturieren das Gewässer, schaffen potenzielle Laichplätze für Kieslaicher und stellen gleichzeitig Geschiebematerial bereit (vgl. Gebler 2005, 62). Im Planungsgebiet werden daher Kiese – Fein- (2,000 bis 6,300 mm) und Mittelkies (6,300 bis 20,000 mm) – als Uferbank eingebracht. Durch die Dynamik der Kinzig ist eine zukünftige Veränderung dieser Struktur möglich und auch wünschenswert.

Einbau einer Buhne für einen mittigen Strömungsstrich unter der Lamboybrücke (nur bei Bedarf)

Um einen mittigen Strömungsstrich unter der Lamboybrücke zu erhalten und so die langfristige Nutzung der Ultraschall-Durchflussmessanlage zu garantieren, ist bei Bedarf rechtsseitig der Bau einer Buhne angedacht (km 4,620). Es wird empfohlen, den Einbau mitsamt der genauen Größe und der Ausrichtung erst nach Abschluss der übrigen Baumaßnahmen durchzuführen, da so eine optimale Anpassung an die vorherrschende Strömungssituation möglich ist.

Befestigung von Einmündungs- und Auslaufbereich der Flutmulde und der Einmündung des neuen Altarms

Der Einmündungs- und Auslaufbereich der Flutmulde sowie die stromaufwärts befindliche Einmündung des neuen Altarms sind mit Wasserbausteinen zu sichern. Hierfür werden die Wasserbausteine der entfernten Sohlen- und Böschungsbefestigung des Ist-Zustandes (Gewichtsklasse $LMB_{5/40}$) genutzt.

Böschungsbefestigung zum Schutz des Mehrfamilienhauses

Um partiell das Entstehen von Seitenerosionen zum Schutz des Mehrfamilienhauses zu verhindern, ist eine Befestigung des Gewässerlaufes an mehreren Stellen notwendig. Für die Befestigung unmittelbar auf Höhe des Hauses werden Wasserbausteinen (Gewichtsklasse $LMB_{5/40}$) bzw. die Erhaltung der rechtsseitigen Böschungsbefestigung des Ist-Zustandes empfohlen. Weiter oberhalb kommt dagegen eine naturnahe Sicherung aus Weidenspreitlagen (Fußsicherung der Spreitlage mit Steinwurf) zum Einsatz (vgl. Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz 2003, 58).

Entfernung der Buhnen

Die drei Buhnen sind zu entfernen. Die so gewonnenen Wasserbausteine werden für benötigte Befestigungen des Einmündungsbereiches der Flutmulde bzw. zum Schutz des Mehrfamilienhauses und als Störsteine genutzt. Dies bedeutet gleichzeitig eine Einsparung von Kosten, da das Material bereits vor Ort vorhanden ist und nicht neu gekauft sowie angeliefert werden muss.

Entfernung der Rückstände des Wehres

Die Rückstände des Wehres – eingestürzte Wehrmauer, Sohlenverbau, Grundschwelle und Tosbeckenplatte – sind aufgrund der fehlenden Nutzung zu entfernen.

Entfernung der Sohlen- und Böschungsbefestigungen

Die im Planungsgebiet vorhandene Befestigung der Sohle und der Böschungen ist zu entfernen, da sie naturfern ist und zudem die Laufstruktur der Kinzig negativ beeinflusst. Die so gewonnenen Wasserbausteine werden für notwendige Befestigungen genutzt.

Rückbau der (alten) Pegelanlage

Die (alte) Pegelanlage ist aufgrund ihrer Lage im Landschaftsschutz- und FFH-Gebiet zurückzubauen. Bevor diese Maßnahme umgesetzt wird, ist über einen Zeitraum von ca. drei Jahren eine zuverlässige Messung mit der an der Lamboybrücke montierten Ultraschall-Durchflussmessanlage und dem Wasserstandsradar notwendig.

8.4. Priorisierung der Maßnahmen

Die Festlegung von Prioritäten für die empfohlenen Maßnahmen ist notwendig, da zum einen einige Maßnahmen für die Erzielung eines guten ökologischen Zustandes eine höhere Wichtigkeit haben als andere. So ist z.B. die Laufverlegung der Kinzig für die Entwicklung eines naturnahen Zustandes im Planungsgebiet sinnvoll. Die Erhaltung der Wege dagegen ist zwar wünschenswert, aber nicht zwingend notwendig. Zum anderen sind einige Maßnahmen aber auch erst nach dem Abschluss anderer Maßnahmen umsetzbar. So ist bspw. der Einbau wasserbaulicher Elemente erst nach der Laufverlegung und der Ausbildung der Querschnitte umsetzbar.

Die Maßnahmen werden in Tabelle 17 zusammengefasst und priorisiert (Reihenfolge der Maßnahmen stimmt mit der Auflistung in den Kapiteln 8.1. bis 8.3., Seite 78 bis 83, überein). Die Skala besteht aus insgesamt drei Stufen, „++“, „+“ und „o“ (absteigende Priorität).

Tabelle 17: Zusammenfassung und Priorität der Maßnahmen für das Planungsgebiet an der Kinzig

Maßnahmenbereich	Maßnahme	Priorität
Erhalten	Erhaltung des derzeit bestehenden Gewässerbettes als neuer Altarm und Flutmulde	++
	Erhaltung der Durchgängigkeit der Kinzig	++
	Erhaltung des vorhandenen Bewuchses	++
	Belassen von Totholz und Sturzbäumen	+
	Vollständige Erhaltung des in Fließrichtung betrachteten rechtsseitigen Weges	o
	Partielle Erhaltung des in Fließrichtung betrachteten linksseitigen Weges (zwischen km 4,770 und km 5,000)	o
Entwickeln	Förderung der eigendynamischen Entwicklung der Kinzig	++
	Ausweisung und Entwicklung von Gewässerrandstreifen	++
Umgestalten	Partielle Verlegung des in Fließrichtung betrachteten linksseitigen Weges (zwischen km 4,561 und km 4,770)	++
	Laufverlegung und -verlängerung	++
	Langfristige Sicherung des Messquerschnittes und konstanter hydraulischer Verhältnisse im Brückenbereich	++
	Regelmäßige Profilgestaltung	++
	Einbau von Störsteinen	+
	Einbringen von Totholz und Sturzbäumen	+
	Schaffung von Kiesbänken	+
	Einbau einer Buhne für einen mittigen Strömungsstrich unter der Lamboybrücke (nur bei Bedarf)	o
	Befestigung von Einmündungs- und Auslaufbereich der Flutmulde und der Einmündung des neuen Altarms	+
	Böschungsbefestigung zum Schutz des Mehrfamilienhauses	+
	Entfernung der Buhnen	+
	Entfernung der Rückstände des Wehres	+
	Entfernung der Sohlen- und Böschungsbefestigungen	+
	Rückbau der (alten) Pegelanlage	++

8.5. Festlegen von Bauabschnitten

Für das Planungsgebiet werden zwei Bauabschnitte im Abstand von drei Jahren festgelegt. Dies ist notwendig, da die an der Lamboybrücke gemessenen Durchflüsse und Wasserstände (mit der Ultraschall-Durchflussmessanlage und dem Wasserstandradar) über diesen Zeitraum mit den Ergebnissen der (alten) Pegelanlage übereinstimmen müssen. Erst dann wird davon ausgegangen, dass die Anlage langfristig zuverlässige Ergebnisse liefert und der Rückbau der (alten) Pegelanlage möglich ist.

Im ersten Bauabschnitt – km 4,528 bis km 4,735 – wird ein konstanter Messquerschnitt unter der Lamboybrücke ausgebildet sowie eine linksseitige Verlegung des Gewässerlaufs über das Grünland (von der Höhe des Altwassereinlaufs, km 4,735) umgesetzt. Das bestehende Gewässerbett bleibt als Flutmulde erhalten. In der oberen Hälfte des Planungsgebietes fließt die Kinzig aufgrund der Nutzung der (alten) Pegelanlage weiter durch den bestehenden Gewässerlauf. Insgesamt kommt es zu einer Laufverlängerung von rund 25 m.

Der zweite Bauabschnitt – km 4,735 bis km 5,000 – kennzeichnet die rechtsseitige Verlegung der Kinzig und die so bedingte Reaktivierung des Altarms sowie den anschließenden Rückbau der (alten) Pegelanlage. Das bestehende Gewässerbett bleibt als neuer Altarm (Ersatzstruktur für das Altwasser) erhalten. Zusätzlich ist der Bau von zwei Fußgänger- bzw. Radfahrerbrücken vorgesehen. Durch den zweiten Bauabschnitt wird der Gewässerverlauf um 127 m verlängert.

Beide Bauabschnitte führen insgesamt zu einer Laufverlängerung von ca. 152 m.

8.6. Darstellung im Planwerk

Die Verlegung der Kinzig sowie die genaue Lage der einzelnen Maßnahmen ist dem Maßnahmenplan für den ersten bzw. den zweiten Bauabschnitt zu entnehmen (siehe beigefügte Mappe, Teil 2 und 3). Diese wurden mit der Software ArchiCAD (Studentenversion) des Unternehmens Graphisoft erstellt und haben einen Maßstab von 1:1000.

8.7. Durchführung von Erfolgskontrollen

Erfolgskontrollen werden festgesetzt, um nach Abschluss der Maßnahmen ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

Als Erfolgskontrolle wird ein Vorher-Nachher-Vergleich des Planungsgebietes empfohlen, da so die Wirkung der Maßnahmen und die sich so ergebenden Veränderungen direkt erkennbar sind. Hierfür ist der Zustand detailliert vor dem Eingriff und anschließend einmal im Jahr – in der Vegetationszeit, um auch die Entwicklungen des Bewuchses beurteilen zu können – zu erfassen und anhand der Einzelparameter des Gewässerstrukturgüteverfahrens zu bewerten („Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer bis 10 m Breite“; siehe Tabelle 2, Seite 12). Es empfiehlt sich, die Veränderungen mit Fotos zu dokumentieren und diese jedes Jahr zum gleichen Zeitpunkt am gleichen Ort aufzunehmen. Zudem sind neben der Kontrolle der hydromorphologischen Qualitätskomponente auch die Überprüfung der biologischen und der physikalisch-chemischen Komponente wichtig. Aus biologischer Sicht ist das Vorkommen von Phytoplankton (pflanzlichen Organismen), Makrophyten (höheren Wasserpflanzen)/Phytobenthos (niederen Wasserpflanzen), Makrozoobenthos und Fischen zu beurteilen (vgl. An-

hang V, Nr. 1.3.4 WRRL 2017)). Aus physikalisch-chemischer Sicht sind bspw. der Sauerstoff- oder der Salzgehalt sowie der Nährstoff- oder Versauerungszustand zu überprüfen.

Zusätzlich ist ein Vergleich mit dem definierten Leitbild sinnvoll, um zu überprüfen, ob die Veränderungen in die gewünschte Richtung gehen. Sollte dies nicht der Fall sein, kann ggf. durch ein erneutes, gezieltes Eingreifen eine andere Entwicklung und langfristig die Erreichung des Zielzustandes realisiert werden.

9. Vereinfachte Strömungsberechnung mit Hochwasserneutralitätsnachweis und Pegelstandortanalyse auf Basis der HecRAS Software

Im nachfolgenden Kapitel wird eine vereinfachte Strömungsberechnung mit der HecRAS Software durchgeführt. Hierfür werden zu Beginn die wichtigsten Grundlagen von HecRAS sowie die ersten Schritte erklärt. Nach der Eingabe der Profil- und Abflussdaten und dem Festlegen der Randbedingungen werden die ermittelten Ergebnisse in Hinblick auf den Hochwasserschutz und den gewählten Standort der Ultraschall-Durchflussmessanlage analysiert.

9.1. Die HecRAS Software

Die HecRAS Software (Hydraulic Engineering Center – River Analysis System) wurde von den „US Army Corps of Engineers“ am „Institute for Water Resources“ in Davis, Kalifornien (USA), entwickelt. Sie ermöglicht über die iterative Lösung der Bernoulli-Gleichung (siehe Formel (3), vgl. Freimann 2014, 43) von Querprofil zu Querprofil (Standard-Step-Methode) die Berechnung eindimensionaler stationärer und instationärer Wasserspiegellagen. (vgl. US Army Corps of Engineers 2016, 1-2 und 6-12)

$$H = z + \frac{p}{\rho_w g} + \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

mit

- H: gesamte Energiehöhe [m]
- z: Ortshöhe [m]
- p: Druck [Pa]
- ρ_w : Dichte des Wassers [kg/m^3] $\rightarrow 1000 \text{ kg/m}^3$
- g: Erdbeschleunigung [m/s^2] $\rightarrow g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- v: Fließgeschwindigkeit [m^2/s]
- $p/\rho_w g$: statische Druckhöhe [m]
- $v^2/2g$: Geschwindigkeitshöhe [m]

Die mittlere Fließgeschwindigkeit v [m/s] in den Querprofilen wird mit Hilfe der Manning-Strickler-Formel (siehe Formel (4), vgl. Jirka/Lang 2009, 23) bestimmt.

$$v = \frac{1}{n} \times r_{hy}^{2/3} \times \sqrt{I_{so}} \quad (4)$$

mit

- n: Manning-Beiwert [$\text{s/m}^{1/3}$]
- r_{hy} : hydraulischer Radius [m]
($r_{hy} = \text{Querschnittsfläche } A \text{ [m}^2\text{]} / \text{benetzter Umfang } I_U \text{ [m]}$)

I_{so} : Sohlliniengefälle [-]

Da HecRAS eine amerikanische Software ist, wird – wie in Amerika typisch – für die Berücksichtigung der Rauheit der Manning-Beiwert n [$s/m^{1/3}$], der sich aus dem Kehrwert des Strickler-Beiwertes k_{st} [$m^{1/3}/s$] ergibt, angesetzt (siehe Formel (5), vgl. Jirka/Lang 2009, 23).

$$n = \frac{1}{k_{st}} \quad (5)$$

9.2. Erste Schritte bei HecRAS

Für die Modellierung des Planungsgebietes werden insgesamt drei Projekte angelegt, in denen separat der Ist-Zustand der Kinzig, der Zustand nach dem ersten Bauabschnitt und derjenige nach dem zweiten Bauabschnitt dargestellt werden. Die Projekte haben die folgenden Namen und sind auf der beigefügten CD abgespeichert:

- Masterthesis_Kim Nobis_Ist-Zustand
- Masterthesis_Kim Nobis_Bauabschnitt 1
- Masterthesis_Kim Nobis_Bauabschnitt 2

Eine digitale Karte des Planungsgebietes wird als Hintergrund eingefügt, da so der Verlauf der Kinzig und die Lage der einzelnen Querprofile gut erkennbar sind.

9.3. Eingabe der Profildaten

Für die hydraulischen Berechnungen ist nach dem Erstellen des Fließgewässers die Eingabe der Geometriedaten (Station und Elevation²⁵) der Querprofile – immer von links nach rechts in Fließrichtung betrachtet – erforderlich. Zusätzlich werden die Abstände zum nächsten, flussabwärts gelegenen Profil (Downstream Reach Length), Rauheiten (Manning's n Values) und die Markierungspunkte des Hauptlaufes (Main Channel Bank Stations)²⁶ eingegeben. Die Verwendung von Dämmen (Levees)²⁷ ist hauptsächlich für die Darstellung des Ist-Zustandes relevant, da die Überflutung des angrenzenden Umlandes erst nach Überschreitung des bordvollen Abflusses stattfindet.

9.3.1. Annahmen/Vereinfachungen

Bei den drei Projekten wird nur der Hauptlauf der Kinzig modelliert, d.h. der bestehende Gewässerlauf, der nach Abschluss der Baumaßnahmen als Flutmulde bzw. neuer Altarm genutzt wird, bleibt unberücksichtigt. Folglich wird erwartet, dass die so zusätzlich vorhandene Retentionsfläche zu einer Verringerung der von HecRAS berechneten Wasserstände führt.

²⁵ In Klammer ist die englische Bezeichnung, wie sie auch in HecRAS verwendet wird, genannt.

²⁶ HecRAS stellt die Markierungspunkte des Hauptlaufes mit der Farbe rot dar.

²⁷ HecRAS stellt Dämme mit der Farbe rosa dar.

Die Pfeiler der Lamboybrücke stellen ein Hindernis im Fließquerschnitt dar. Für die nachfolgenden Berechnungen werden sie aufgrund fehlender Angaben vereinfacht als umströmte Querschnittsbereiche (Obstructions)²⁸ angenommen. Die durch die Brückenpfeiler entstehenden Beschleunigungs- und Reibungsverluste, werden folglich nicht beachtet. Gleiches gilt für die drei im Ist-Zustand vorhandenen Buhnen.

9.3.2. Festlegen der Rauigkeitsbeiwerte

Tabelle 18 stellt die Rauheitsbeiwerte dar, die für die Berechnungen im Planungsgebiet genutzt werden (vgl. LfU 2003 b, 12ff.).

Tabelle 18: Rauigkeitsbeiwerte (vgl. LfU 2002 3, 12ff.)

Bereich	Beschreibung	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	n [$s/m^{1/3}$]
Sohle	mit groben Steinen ausgelegt	30	0,033
	Sand, Lehm, oder Kies, stark bewachsen	25	0,040
Böschung, Ufer, angrenzende Fläche	Befestigung mit Wasserbausteinen	40	0,025
	Wiese, kein Gestrüpp, niedriges Gras	35	0,029
	Bäume, dichter Holzbestand, wenig Unterholz, HW-Stand unter den Zweigen	8	0,125
	Wiese, kein Gestrüpp, hohes Gras	28	0,036
Brücke	gepflasterte Böschung, Sohle aus Sand und Kies	45	0,022

9.3.3. Geometriedaten

Die Geometriedaten des Ist-Zustandes sind der Vermessung von 2004 entnommen (siehe beigefügte CD, bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF). Die einzelnen Querschnitte sind jedoch durch zu wenige Punkte eingemessen worden – Vermessungspunkte werden über die kürzeste Entfernung miteinander verbunden –, weshalb verfälschte Ergebnisse entstehen. Um realitätsnahe Angaben zu erhalten, werden durch das Einfügen weiterer Geometriepunkte die Profile an die tatsächlichen Gegebenheiten angepasst. Zusätzlich benötigte Querprofile, die für die Modellierung der Brückenpfeiler, der drei Buhnen und der rechtwinkligen Laufaufweitung notwendig sind, werden selbstständig konstruiert.

Die neuen Querprofile der Kinzig werden auf Grundlage der Vermessung des Referenzabschnittes ausgebildet (siehe Kapitel 5.1.2., Seite 45) und alle 50 m eingefügt. Die Regelquerschnitte für die Lamboybrücke (km 4,558) und die Verlegungsstrecke (km 4,700) sind der beigefügten Mappe (Teil 1) zu entnehmen. Um die Abstände zwischen den eingegeben Querprofilen²⁹ zu verkleinern, werden über das Werkzeug „XS Interpolation – between 2 XS’s“ zusätzliche Querprofile³⁰ interpoliert. Der maximale Abstand (Maximum Distance between XS’s) wird auf 20 m festgelegt. Abbildung 49 stellt die Lage der Querprofile im Ist-Zustand dar. Abbildung 50 verdeutlicht dies entsprechend für den ersten Bauabschnitt, Abbildung 51 für den zweiten.

²⁸ HecRAS stellt Querprofile mit umströmten Querschnittsbereichen mit der Farbe schwarz dar.

²⁹ HecRAS stellt die selbst eingegebenen Querprofile mit der Farbe braun dar.

³⁰ HecRAS stellt die interpolierten Querprofile mit der Farbe orange dar.



Abbildung 49: Lage der Querprofile im Ist-Zustand (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)

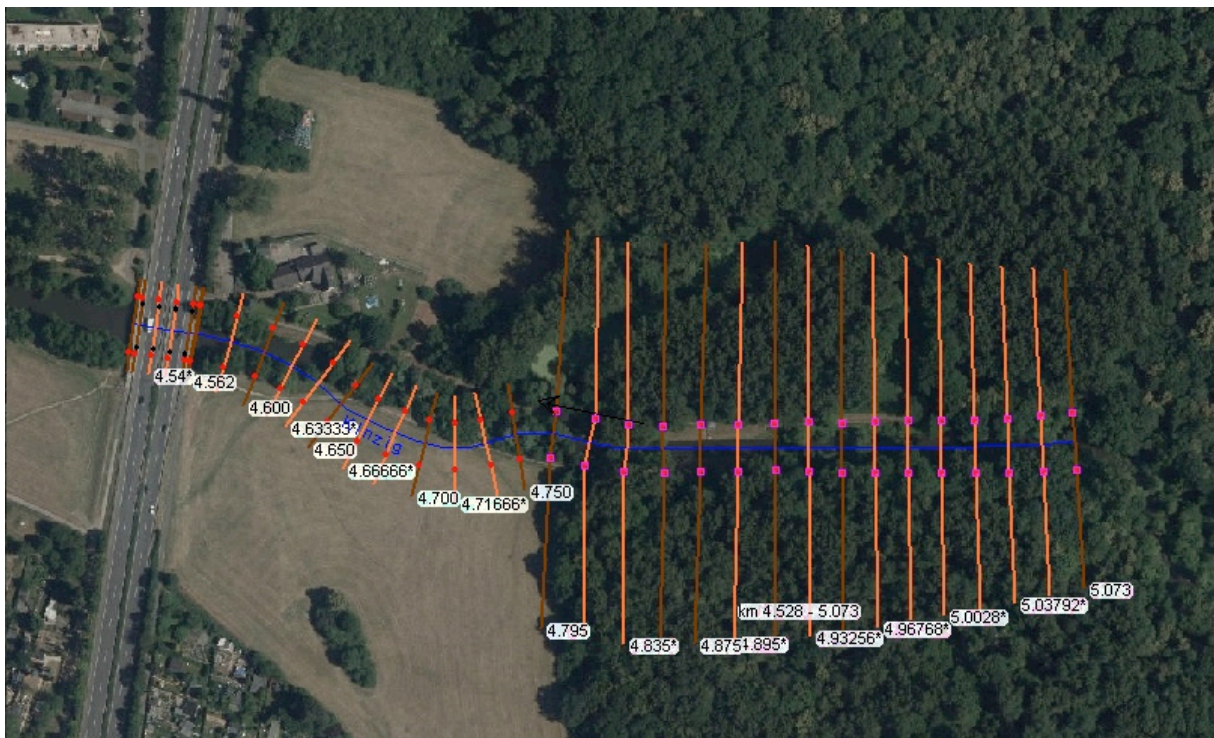


Abbildung 50: Lage der Querprofile nach Fertigstellung des ersten Bauabschnittes (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)

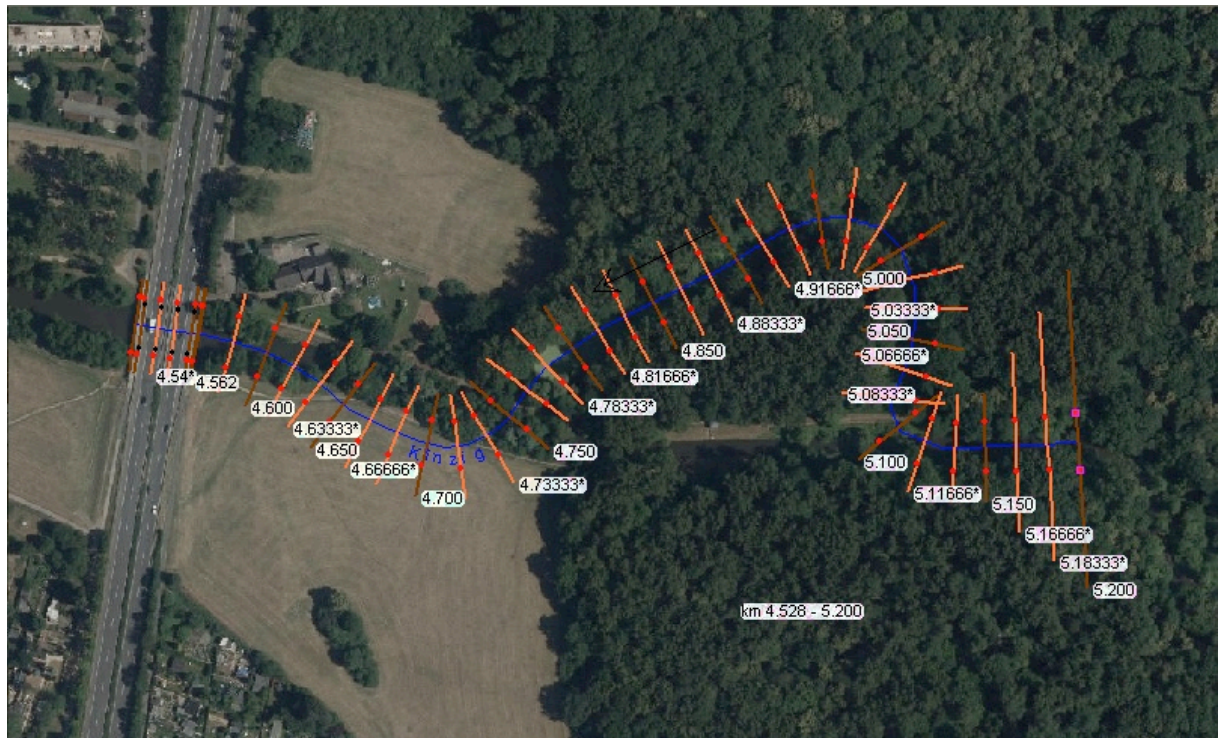


Abbildung 51: Lage der Querprofile nach Fertigstellung des ersten und zweiten Bauabschnittes (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)

9.4. Eingabe der Abflussdaten und Festlegung der Randbedingungen

Nachdem alle Profildaten eingegeben wurden, ist vor dem Start der Berechnungen die Eingabe verschiedener stationärer Abflussereignisse (Steady Flow Data → Profiles) und das Festlegen der Randbedingungen (Steady Flow Boundary Conditions) notwendig.

Es werden insgesamt 13 Abflussereignisse (Profile) vorgegeben (siehe Tabelle 19), die sich an den Werten aus dem Jahr 2004 orientieren (siehe Gewässerkundliches Jahrbuch 2004, Anlage 21, Seite 162) (vgl. HUG 2004). Der kleinste Abfluss wird dabei mit $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$ festgesetzt, der größte Abfluss ist HQ_{10} mit $151,09 \text{ m}^3/\text{s}$. Diese hohe Anzahl ist notwendig, da HecRAS bei der Darstellung einer Abflusskurve – wichtig für die in Kapitel 9.6. (Seite 97) durchzuführende Pegelstandortanalyse – die nicht bekannten Zwischenwerte interpoliert.

HecRAS führt die Berechnungen der Wasserspiegellagen entweder für einen strömenden (subcritical), einen schießenden (supercritical) oder einen strömend/schießenden (mixed) Abfluss durch. Aufgrund der gleichmäßig ausgebildeten Querschnitte und der geringen Neigung des Abschnittes wird im Planungsgebiet von einem durchgehend strömenden Abfluss ausgegangen. Zusätzlich muss ein bekannter Wasserstand als Randbedingung vorgegeben werden. Beim strömendem Abfluss reicht das Festlegen der Randbedingung für den unteren Querschnitt (downstream) aus, da die Wasserspiegellage „schrittweise von unterstrom nach

oberstrom“ (Jovkov 2014, 180) bestimmt wird. Für alle Abflussereignisse wird die „bekannte Wassertiefe (Known W.S.)“ gewählt, da die anderen Möglichkeiten – kritische Wassertiefe (Critical Depth) und Normalabflusstiefe (Normal Depth) – den vorhandenen Rückstau des Kinzigwehres nicht berücksichtigen. Da jedoch nur die Abflusskurve der (alten) Pegelanlage (km 4,850) vorhanden ist (siehe Anlage 22, Seite 163), wird die Randbedingung am unteren Modellrand (km 4,528) im Ist-Zustand so gewählt, dass die von HecRAS berechneten Wasserstände an km 4,850 mit denen der Abflusskurve übereinstimmen. Eine Beispielrechnung ist in Anlage 23 (Seite 165) dargestellt. Die so kalibrierten Wassertiefen werden ebenfalls als Randbedingung im Modell des ersten und zweiten Bauabschnittes genutzt.

Tabelle 19 stellt die eingegebenen Abflussereignisse und die dazugehörige Randbedingung (bekannte Wassertiefe) zusammenfassend dar.

Tabelle 19: Abflussdaten und Randbedingungen (vgl. HLOG 2004)

Abfluss Q [m ³ /s]	Randbedingung (bekannte Wassertiefe) [m ü. NN]	Anmerkung
0,67	102,63	Minimumwert der Abflusskurve
2,61	102,82	NQ im Jahr 2004
5,15	103,02	Q am 22. August 2004
7,61	103,17	MQ im Jahr 2004
15,80	103,59	Q am 7. Februar 2004
25,00	103,97	Q am 23. November 2004
35,60	104,35	Q am 17. Januar 2004
48,10	104,54	HQ im Jahr 2004
60,00	104,69	
70,00	104,80	
90,00	104,94	
110,00	105,04	
151,09	105,10	HQ ₁₀

9.5. Hochwasserneutralitätsnachweis

Hochwasserneutralität wird von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) als diejenige Situation definiert, die vorliegt, „wenn Maßnahmen, z.B. der Flussregelung, nicht zu einer Verschlechterung der Hochwassersituation führen“ (BAW 2016). Für das Planungsgebiet wird folglich überprüft, ob die Verlegung der Kinzig im Vergleich zum Ist-Zustand zu keiner Verschlechterung der Hochwassersituation führt. Der Nachweis wird auf Grundlage von HQ₁₀ (Abfluss von 151,09 m³/s und Wassertiefe bei 104,80 m ü. NN bei km 4,528) durchgeführt. In den nachfolgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der Berechnungen dargestellt.

Abbildung 52 zeigt perspektivisch das Modell der Kinzig im Ist-Zustand mit Darstellung des Wasserspiegels bei HQ_{10} .

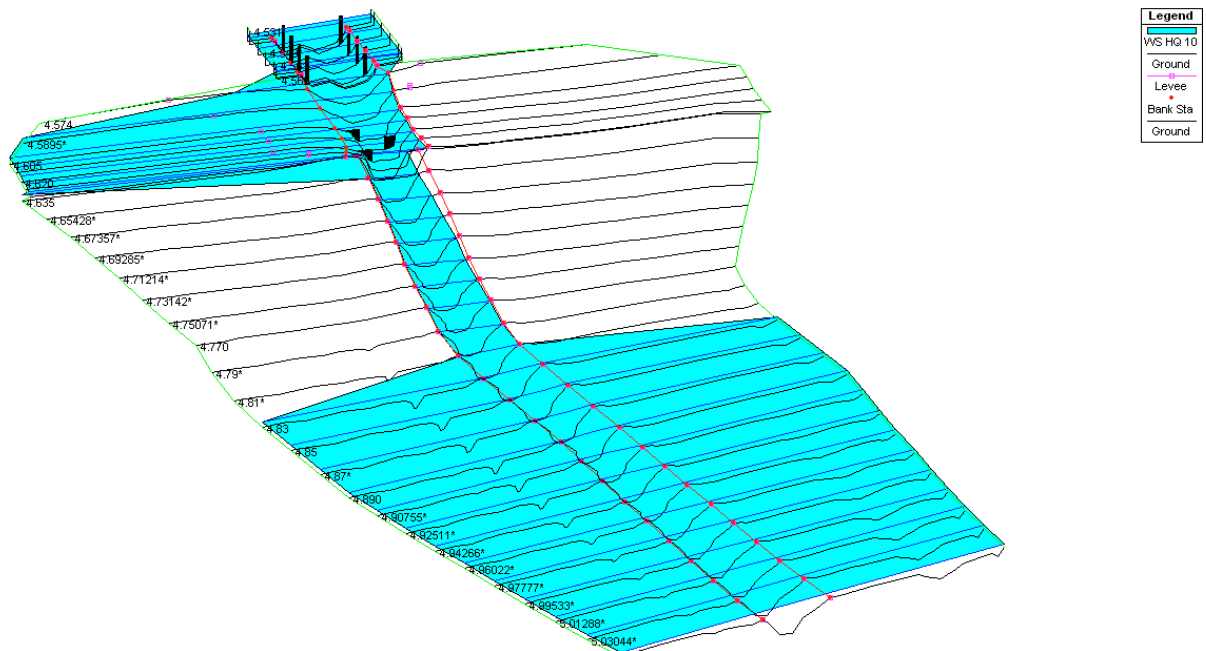


Abbildung 52: Perspektivische Darstellung des Ist-Zustand mit Darstellung des Wasserspiegels bei HQ_{10} (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)

Abbildung 53 stellt für den Ist-Zustand die Lage des Wasserspiegels bei HQ_{10} im Längsschnitt des Geländemodelles dar.

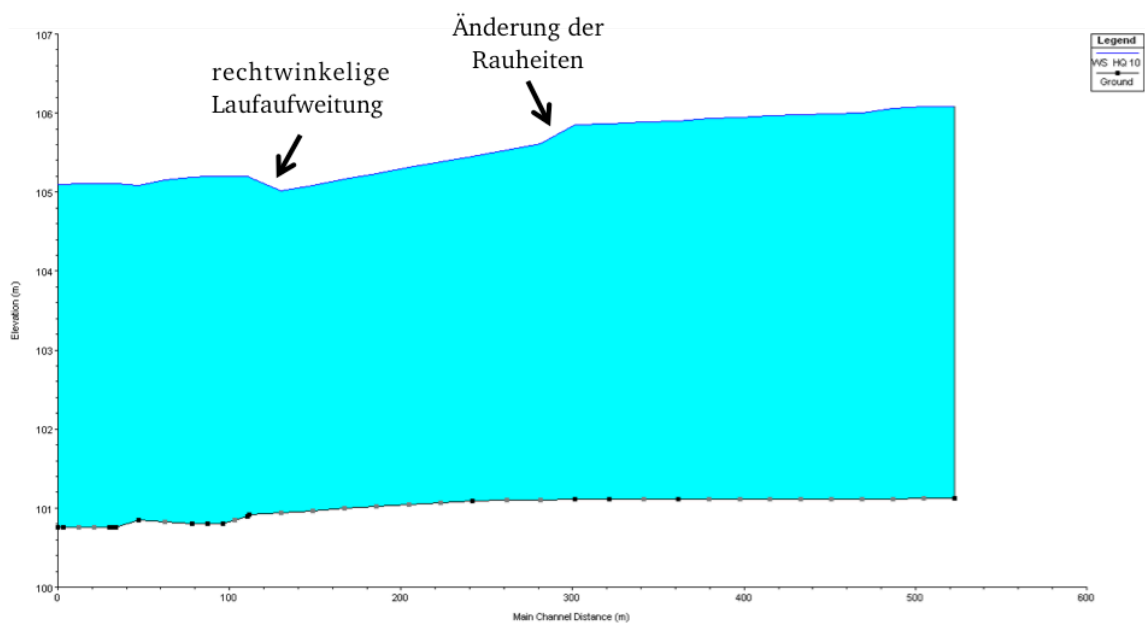


Abbildung 53: Lage des Wasserspiegels bei HQ_{10} im Längsschnitt (Ist-Zustand, vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)

Abbildung 54 zeigt perspektivisch das Modell der Kinzig nach Abschluss des ersten Bauabschnittes mit Darstellung des Wasserspiegels bei HQ₁₀.

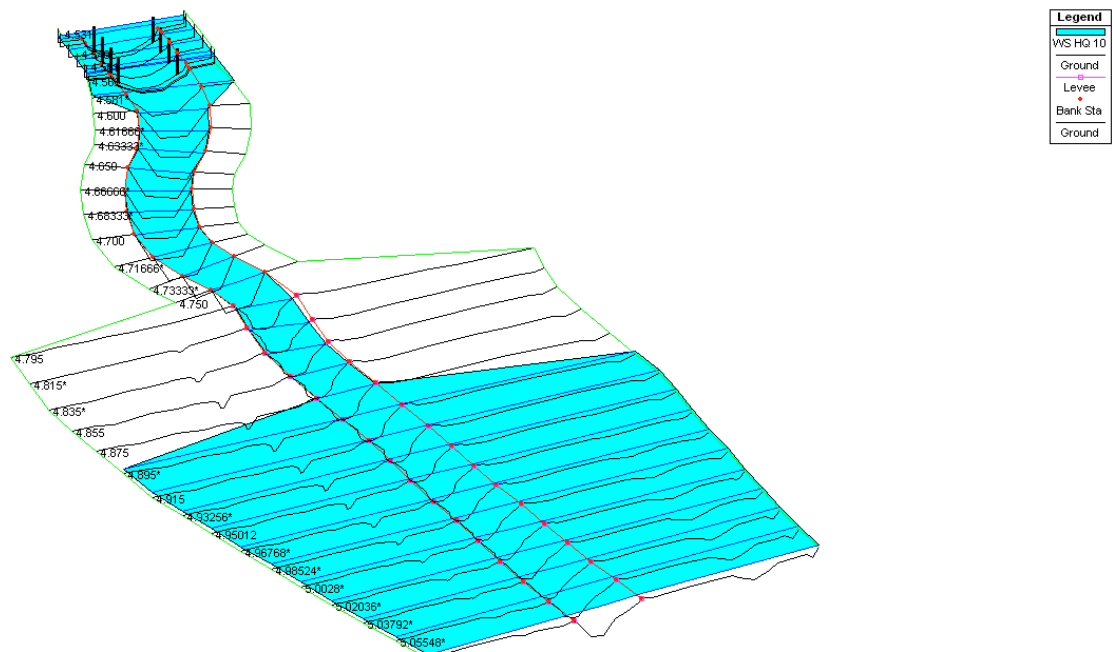


Abbildung 54: Perspektivische Darstellung nach Fertigstellung des ersten Bauabschnittes mit Darstellung des Wasserspiegels bei HQ₁₀ (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)

Abbildung 55 stellt für nach Fertigstellung des ersten Bauabschnittes die Lage des Wasserspiegels bei HQ₁₀ im Längsschnitt des Geländemodelles dar.

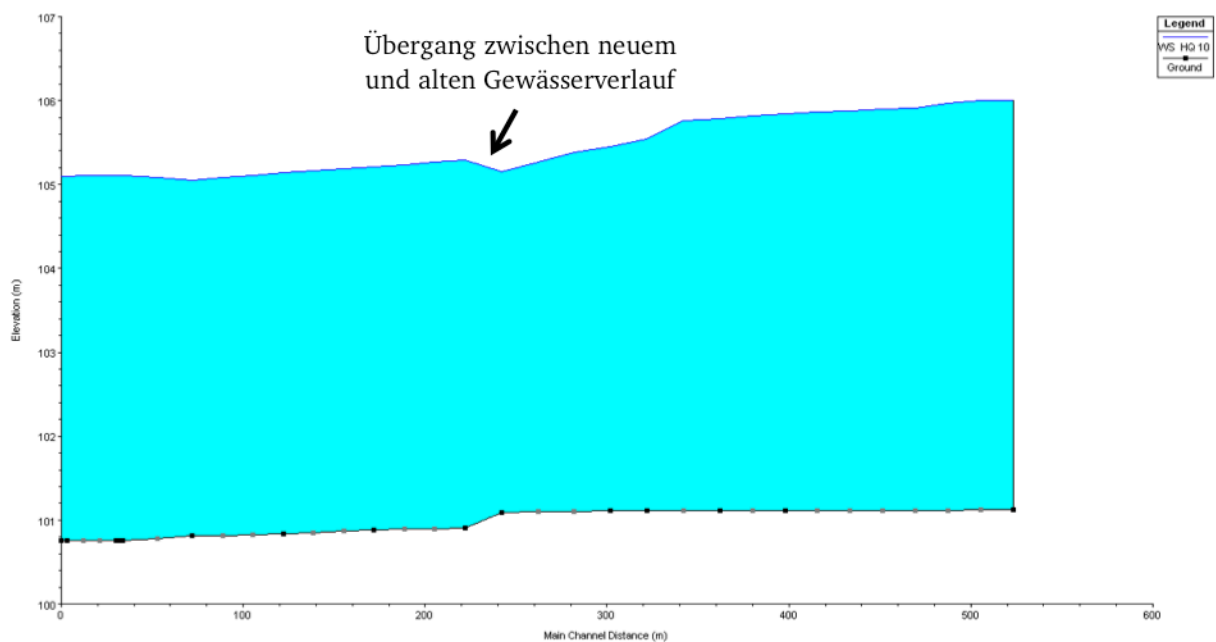


Abbildung 55: Lage des Wasserspiegels bei HQ₁₀ im Längsschnitt (nach Abschluss des ersten Bauabschnittes, vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)

Aus den perspektivischen Darstellungen des Geländemodelles wird deutlich, dass es durch die Verlegung der Kinzig und die so bedingte Veränderung der Querschnitte zu keiner Verschlechterung der Hochwassersituation kommt. Bereits nach Abschluss des ersten Bauabschnittes sind geringere Überflutungen zu erwarten.

Diese Erkenntnisse werden durch einen Vergleich der Wasserstände am oberen Modellrand überprüft. Tabelle 20 stellt hierfür die 13 Abflüsse sowie den dazugehörigen Wasserstand am unteren (Randbedingung) und oberen Modellrand dar.

Tabelle 20: Wasserstand am unteren und oberen Modellrand

Abfluss Q	Wasserstand unterstrom	Wasserstand oberstrom		
		Ist-Zustand	Bauabschnitt 1	Bauabschnitt 1 und 2
m ³ /s	m ü. NN	m ü. NN	m ü. NN	m ü. NN
0,67	102,63	102,63	102,63	102,63
2,61	102,82	102,83	102,83	102,83
5,15	103,02	103,06	103,05	103,03
7,61	103,17	103,23	103,22	103,19
15,80	103,59	103,71	103,68	103,64
25,00	103,97	104,15	104,11	104,05
35,60	104,35	104,57	104,53	104,45
48,10	104,54	104,85	104,80	104,69
60,00	104,69	105,08	105,02	104,89
70,00	104,80	105,25	105,18	105,04
90,00	104,94	105,53	105,45	105,30
110,00	105,04	105,75	105,67	105,51
151,09	105,10	106,08	106,00	105,88

Aus den dargestellten Erkenntnissen in Tabelle 20 zeigt sich, dass bereits nach Fertigstellung des ersten Bauabschnitts bei HQ₁₀ eine Abnahme der Wasserspiegellage um acht Zentimeter zu erkennen ist. Eine deutlichere Abnahme (20 cm) ist mit der Vollendung des zweiten Bauabschnittes zu verzeichnen. Der maßgebliche Grund hierfür ist der sich durch die Verlegung ergebende verlängerte Gewässerlauf. Die durch die Flutmulde und den neuen Altarm zur Verfügung stehenden Retentionsfläche, die im Modell jedoch nicht modelliert sind, verzögern und verkleinern die Hochwasserwelle weiter. Folglich ist im Planungsgebiet ein geringerer Wasserstand im Vergleich zu den berechneten Wasserständen von HecRAS zu erwarten.

Somit kommt es durch die Verlegung der Kinzig zu keiner Verschlechterung der Hochwassersituation. Die Hochwasserneutralität ist nachgewiesen.

9.6. Pegelstandortanalyse

Die Berechnung der Wasserspiegellage wurde insgesamt für 13 Abflüsse (siehe Tabelle 19) durchgeführt. HecRAS zeigt diese Ergebnisse neben der Darstellung in einer Tabelle (Profile Output Table) auch als Beziehung zwischen zwei Variablen bzw. einer Variablen und einer Konstanten (Rating Curves) an. Für das Anzeigen der Abflusskurve werden die Variable „Abfluss Q“ (x-Achse) und die Variable „Wasserstand W.S. Elev.“ (y-Achse) ausgewählt. Die Werte zwischen den berechneten Punkten interpoliert HecRAS linear. Abbildung 58 zeigt beispielhaft die Abflusskurve bei km 4,558 nach Abschluss des ersten Bauabschnittes.

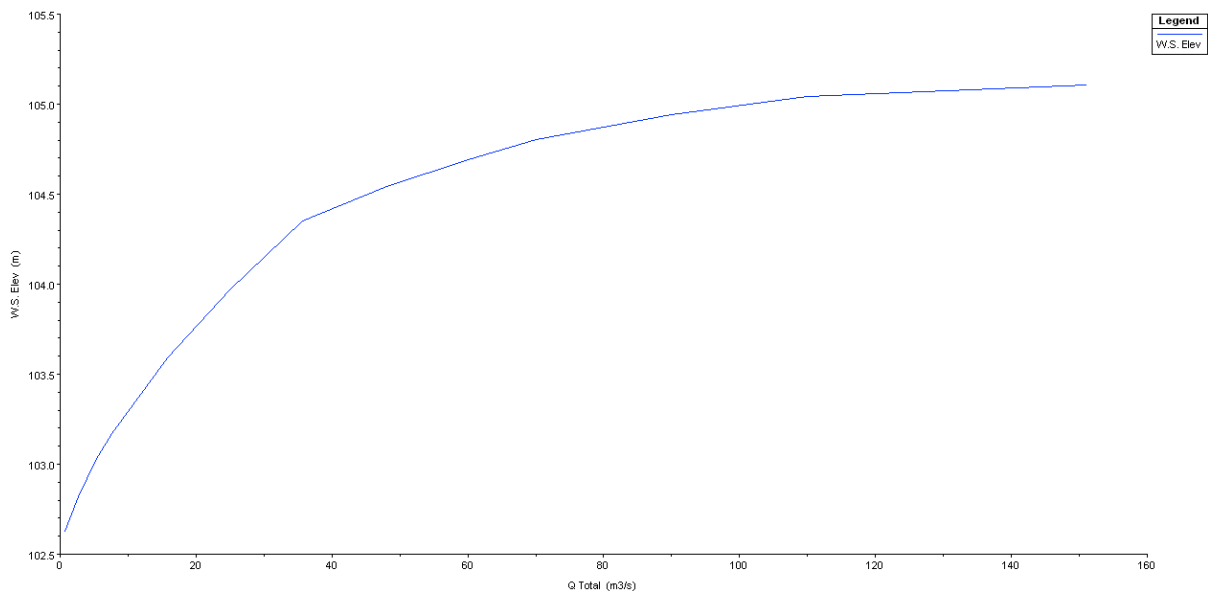


Abbildung 58: Abflusskurve bei km 4,558 (nach Abschluss des ersten Bauabschnittes) (vgl. HecRAS 2017, von der Autorin erstelltes Projekt)

Aus Abbildung 58 wird deutlich, dass die Abflusskurve zwischen einem Durchfluss 0,67 bis 35,00 m³/s steil ist, die Steigung aber mit zunehmendem Durchfluss abnehmen. Je steiler eine Abflusskurve ist – vor allem in den Bereichen der regelmäßig auftretenden Wasserstände –, desto geeigneter ist sie für die Installation einer Pegelanlage, da ein großer Verhältniswert zwischen Wasserstand und dem dazugehörigen Durchfluss die Unsicherheit des Messergebnisses minimiert. Unter diesem Gesichtspunkt ist der Standort an der Lamboybrücke für die Installation der Ultraschall-Durchflussmessanlage geeignet.

Neben dem Wasserstand zeigt HecRAS in der Ergebnistabelle auch die berechnete Froudezahl für die einzelnen Querprofile an. Demnach liegt im Brückenbereich sowie im gesamten Planungsgebiet ein strömender Abfluss (Froudezahl < 1) vor. Ein strömender Abfluss und die Befestigung der Sohle bzw. der Böschungen – Verhinderung von Seiten- und Tiefenerosionen, Ansandungen, Auskolkungen und Bewuchs – sorgen für konstante hydraulische Bedingungen im Messquerschnitt. Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass der durch das Kinzigwehr bedingte Rückstau keine nachteiligen Auswirkungen auf die Beziehung von Wasserstand und

Durchfluss hat (dies sollte bereits bei den Planungen zur Installation der Ultraschall-Durchflussmessanlage im Jahr 2003 nachgewiesen worden sein). Folglich ist der Standort an der Lamboybrücke auch unter diesem Aspekt als Position der Ultraschall-Durchflussmessanlage geeignet.

10. Zuwegbarkeit der Baustelle und Erstellung eines Bauablaufplanes

Die Erreichbarkeit einer Baustelle, also ihre Zuwegbarkeit, ist vor der Umsetzung der Maßnahmenvorschläge (siehe Kapitel 8.1. bis 8.3., Seite 78 bis 83) sicherzustellen und der erste Schritt in einem Bauablaufplan. Die Aufstellung eines Bauablaufplanes – auch Bauzeitenplan genannt – stellt also die zeitliche Abfolge der einzelnen Baumaßnahmen dar und sorgt so für einen reibungslosen Ablauf. Er wird in Abstimmung mit dem Auftraggeber und -nehmer erstellt und dient auf der Baustelle als Übersichtsplan. (vgl. Bruss/Bruss 2017)

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden sowohl die Zuwegbarkeit der Baustelle als auch ein detaillierter Bauablaufplan ausgearbeitet. Es wird dabei auf den ersten und den zweiten Bauabschnitt eingegangen.

10.1. Zuwegbarkeit der Baustelle

Die Einrichtung der Baustelle ist vor Umsetzung der Baumaßnahmen notwendig. Dazu gehören:

- die Schaffung von Zuwegbarkeiten (Verkehrsflächen)
- die Baustellensicherung und -abspernung
- die Kennzeichnung von Lagerflächen
- die Aufstellung eines Baustellencontainers und einer mobilen Toilette
- die Anlieferung der benötigten Großgeräte und Materialien

(vgl. BAuA 2014, 15)

Eine Baustelle muss über den gesamten Zeitraum für den An- und Abtransport der Einsatzmaschinen und Materialien erreichbar sein. Sind die hierfür benötigten Verkehrsflächen nicht vorhanden, sind diese für die Dauer der Baumaßnahmen auszubilden und nach ihrem Abschluss komplett zurückzubauen.

Die Zuwegbarkeit beider Bauabschnitte ist gleich und wird daher im Nachfolgenden gemeinsam erläutert. Für die Erreichung der rechten Gewässerseite sind zwei Möglichkeiten denkbar:

- Möglichkeit 1:
 - auf B8 Richtung Südwesten bzw. Richtung Nordosten
 - Ausfahrt Richtung Hanau nehmen
 - links abbiegen auf die Feuerbachstraße
- Möglichkeit 2:
 - auf der Lamboystraße Richtung Osten
 - rechts abbiegen auf die Feuerbachstraße

Ab diesem Punkt sind die zwei Möglichkeiten identisch. Nach rund 450 m auf der Feuerbachstraße Richtung Süden biegt man nach links auf die Neuhofstraße ab, die nach einer Rechtskurve die B8 überquert (für die Brücke ist keine Gewichtsvorgabe ausgeschildert). Durch ein rechtes Abbiegen folgt man weiter der Neuhofstraße und gelangt nach ca. 750 m zum Mehrfamilienhaus.

Ab dieser Stelle sind keine Verkehrsflächen mehr vorhanden. Folglich ist die Ausbildung einer nördlich des Mehrfamilienhauses gelegenen Baustraße für die Erreichung des Planungsgebietes notwendig. Hierfür wird der Oberboden 0,3 m auf einer Breite von 3,5 m abgetragen und der Querschnitt mit einer Trennlage aus Geokunststoff ausgelegt (empfohlen: Polyestergewebe, Geotextilrobustheitsklasse 3, Überlappung der einzelnen Bahnen um mindestens 0,5 m, bspw. der Firma BECO Bermüller oder gleichwertiges Produkt). Der Querschnitt wird anschließend mit gebrochenem Natursteinmaterial (Körnung 0/32 mm) aufgefüllt. Abbildung 59 stellt die Zuwegbarkeit der Baustelle des ersten und zweiten Bauabschnittes sowie die Baustelleneinrichtungsfläche dar.



Abbildung 59: Zuwegbarkeit der Baustellen des ersten und zweiten Bauabschnittes mit Kennzeichnung der Baustelleneinrichtungsfläche (in Anlehnung an Google Earth 2017, verändert durch die Autorin)

Die linke Gewässerseite der Kinzig muss für die Arbeiten in der Verlegungsstrecke (erster Bauabschnitt) erreicht werden. Dies ist über Verkehrsstraßen nicht möglich, denn die Brücke im Rodenbacher Weg, die ca. 300 m südlich des Planungsgebietes unter der B8 hindurchführt, hat mit drei Metern Durchfahrtshöhe eine zu geringe Höhe (mindestens vier Meter sind notwendig). Die Einrichtung einer Baustelle auf der B8 in Richtung Nordwesten, die die zweispurige Bundesstraße auf die linke Spur reduziert und über die rechte Spur die Ein- und Ausfahrt zum Planungsgebiet darstellt, ist nicht zumutbar und wird höchstwahrscheinlich nicht von Hessen Mobil genehmigt. Für die Erdbauarbeiten der Verlegungsstrecke ist daher eine Überquerung der Kinzig erforderlich (von der rechten auf die linke Gewässerseite). Hierfür wird eine Pontonbrücke – auch Schiff- oder Schwimmbrücke genannt – gebaut. Als Pontons werden kleine Schiffsrümpfe oder auch geschlossene Metallkörper genutzt (siehe Abbildung 60 und Abbildung 61).



Abbildung 60: Aufbau einer Pontonbrücke über ein Fließgewässer (Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, Ortsverband Regensburg 2017)



Abbildung 61: Fertige Pontonbrücke über ein Fließgewässer (Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, Ortsverband Regensburg 2017)

Nach Fertigstellung des ersten Bauabschnittes wird die Pontonbrücke zurückgebaut. Die angelegte Baustraße bleibt erhalten und wird mit fünf bis zehn Zentimeter Mutterboden überdeckt, da sie auch für die Erreichung des zweiten Bauabschnittes benötigt wird. So wird nicht erneut in den Naturraum eingegriffen, die Anwohner weniger belastigt und Kosten eingespart.

Abschließend ist anzumerken, dass die existierenden Straßenquerschnitte lediglich für einen „normalen“ Verkehr konzipiert sind. Für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen definiert §§ 32 und 34 StVZO Grenzwerte, z.B. Fahrzeughöhe: 4,00 m; Fahrzeugbreite: 2,55 m; Fahrzeuglänge bei Sattelkraftfahrzeugen: 15,50 m; Gesamtgewicht einer Fahrzeugkombination (Züge und Sattelkraftfahrzeuge mit mindestens 4 Achsen): 40,00 t (vgl. § 32 und 34 StVZO 2017). Werden diese Grenzwerte bei der An- und Ablieferung der benötigten Großgeräte nicht eingehalten, gilt der Transport als Schwertransport, für den rechtzeitig eine Ausnahmegenehmigung nach § 70 StVZO bei der Anhörungsbehörde Hessen Mobil zu beantragen ist.

10.2. Empfehlungen für Großgeräte

Für die Arbeiten im Trockenem (Erdaushub sowie Rückbau der Bühnen, des Wehres und der übrigen Befestigungen) wird ein Bagger, z.B. der Firma „Komatsu“, Modell PC210LC (siehe Abbildung 62), mit dem Schnellkupplungssystem LIKUFIX – Wechsel des Arbeitsgerätes, bspw. von einer (kippbaren) Grabenräumlöffel zu einem Hydraulikhammer, innerhalb weniger Minuten – empfohlen.

Die Modellierung der Querschnitte unterhalb der Lamboybrücke und im Übergangsbereich des alten und neuen Kinzigverlaufes sowie der Einbau von Wasserbausteinen kann nicht im Trockenem stattfinden, da eine längere Aufstauung bzw. Umlegung der Kinzig nicht möglich ist. Die Umsetzung vom Ufer aus ist aufgrund der geringen Durchfahrthöhe der Lamboybrücke (ca. 2,20 m) nicht realisierbar. Aus diesem Grund kommt ein Schreitbagger, z.B. der Firma „Menzi Muck AG“, Model M325 (siehe Abbildung 63) zum Einsatz, der aufgrund seiner drehbaren Fahrerkabine sowie den montierten Laufrädern bzw. Abstützfüßen optimal für Arbeiten im Wasser geeignet ist. Die Nutzung des Schreitbaggers ist auch für die anstehenden Aushubarbeiten im Altwasser sowie im angrenzenden sumpfigen/schlammigen Bereich notwendig (vgl. Menzi Muck AG 2017).



Abbildung 62: Bagger der Firma „Komatsu“ (Modell PC210LC; Grayson 2015)



Abbildung 63: Schreitbagger der Firma „Menzi Muck AG“ (Modell M325; Menzi Muck AG 2017)

Für den Abtransport des Bodenmaterials kommen auf Verkehrsflächen, Baustellenstraßen und sehr festem Untergrund Lkw Kipper mit drei oder vier Achsen zum Einsatz, z.B. der Firma Mercedes-Benz. Die schwere Zugänglichkeit des zweiten Bauabschnittes sowie nasser bzw. lockerer Untergrund erfordern zudem den Einsatz eines Kettendumpers (z.B. Modell CD60r der Firma Komatsu), da dieser aufgrund seines geringen Eigengewichts ideal für dieses Arbeitsgebiet geeignet ist.

10.3. Bauablaufplan des ersten Bauabschnittes

Der Beginn des ersten Bauabschnitts – Instandsetzung des Brückenprofils und linksseitige Verlegung der Kinzig ins Grünland (km 4,528 bis km 4,735) – wird auf den 01.10.2018 (Kalenderwoche 40) festgesetzt. Ein früherer Termin ist aufgrund des bestehenden Landschaftsschutz- und FFH-Gebietes nicht möglich, denn die Brutzeit der Vögel (ca. März bis August) und die Laichzeit der Fische (z.B. Barbe: Mai bis Juli) ist besonders zu beachten. Zudem ist darauf zu achten, dass zwischen dem 1. März und dem 30. September das Zurückschneiden und Roden von Bäumen bzw. Sträuchern nach § 39 BNatSchG verboten ist. Eintretender Bodenfrost stellt bei den Baumaßnahmen voraussichtlich kein Problem dar, da der Erdaushub in der Verlegungsstrecke bereits zwischen dem 16.10.2018 und dem 13.11.2018 stattfindet. Die Baumaßnahmen werden am 29.01.2019, wenn alles planmäßig abläuft, nach 83 Arbeitstagen beendet sein. Über Weihnachten und Neujahr ist eine Winterpause eingeplant.

Der Bauablauf wurde mit der Software „Asta Powerproject“ des Herstellers Asta Development GmbH erstellt und ist der beigefügten Mappe (Teil 4) zu entnehmen. Eine ergänzende Baubeschreibung ist in Anlage 24 (Seite 166) dargestellt. Es wird dabei von einem fünfköpfigen Team ausgegangen, bestehend aus folgenden Personen:

- ein Polier (Leiter der Baustelle)
- ein Bagger-Fahrer
- zwei Fachwerker
- ein Hilfsarbeiter

Die Lkw-Fahrer, die für den An- und Abtransport der Materialien verantwortlich sind, werden nicht berücksichtigt, da sie von einem Subunternehmen bereitgestellt werden und nicht an den eigentlichen Bauarbeiten beteiligt sind.

Der ausgehobene Boden wird nach der Analyse mehrerer Bodenproben voraussichtlich in die Einbauklasse 0 – uneingeschränkter Einbau – eingestuft, da davon ausgegangen wird, dass er keine Schadstoffbelastungen aufweist (vgl. LAGA 2004, 7). Er wird daher auf einer nah gelegenen landwirtschaftlichen Fläche, die im Besitz der Stadt Hanau oder des RPs Darmstadts ist, bis zu 20 cm aufgeschüttet. Bei der Auswahl des Grundstücks ist darauf zu achten, dass die Aufschüttung zu einer Bodenverbesserung führt (HMUELV 2012 b, 2). Die Bodenzahl darf hierfür den Wert 60 nicht überschreiten, denn ab diesem Wert ist eine Bodenverbesserung nicht mehr möglich (HMUELV 2012 b, 7). Sollte die Analyse der Bodenproben eine Belastung ergeben oder kein landwirtschaftliches Grundstück verfügbar sein, ist eine fachgerechte Entsorgung des Erdaushubes vorzunehmen.

10.4. Bauablauf des zweiten Bauabschnittes

Der zweite Bauabschnitt kennzeichnet die Reaktivierung des Altarms sowie den Rückbau der (alten) Pegelanlage. Er beginnt ca. drei Jahre nach Abschluss des ersten Bauabschnittes

(Baubeginn: 01.10.2021, Kalenderwoche 39), da ein Rückbau der Pegelanlage erst nach dreijähriger Gewährleistung zuverlässige Messergebnisse durch die Ultraschall-Durchflussmessanlage möglich ist. Die Einschränkungen bei der Wahl des Bauzeitraumes gelten entsprechend zu denen des ersten Bauabschnittes. Auch bei diesem Bauablauf (siehe beigefügte Mappe, Teil 5) wird von einem fünfköpfigen Team ausgegangen und einer Winterpause über Weihnachten und Neujahr (siehe 10.3., Seite 103). Eine ergänzende Baubeschreibung ist in Anlage 25 (Seite 167) dargestellt.

Beim Rückbau der (alten) Pegelanlage werden die Messgeräte, das Pegelhaus, das Fundament sowie die Seilkrananlage fachgerecht entfernt und entsorgt (Bauschutt und Elektroschrott). Entstehende Baugruben werden mit dem Erdaushub aus der Verlegungsstrecke aufgefüllt. Die hierfür ggf. notwendige wasserrechtliche Zulassung wird im Rahmen der Gewässerentwicklungsplanung bei der zuständigen Wasserbehörde beantragt (vgl. LUBW 2015, 22).

Der zweite Bauabschnitt dauert insgesamt 110 Tage und ist bei planmäßigem Ablauf am 03.03.2022 beendet. Die längere Bauzeit (27 Tage mehr als der erste Bauabschnitt) entsteht aufgrund der längeren Verlegungsstrecke, den längeren Transportwegen, dem Einsatz eines Kettendumpers und der so bedingten Zwischen- und Umlagerung des (nassen/schlammigen) Materials.

11. Kostenabschätzung

In der Kostenschätzung werden nachfolgend die Investitionskosten für den ersten und zweiten Bauabschnitt dargestellt und in Betrag pro Stück – Quadratmeter (m^2), Kubikmeter (m^3), Stück (St.), Tonne (t), laufender Meter (lfm) bzw. Kilogramm (kg) – aufgelistet. Kosten, die bei zukünftigen Gewässerunterhaltungsmaßnahmen anfallen, werden nicht berücksichtigt.

Für den Erwerb der benötigten Grundstücksflächen (Verlegungsstrecke, Gewässerrandstreifen, neuer Weg) sind keine Kosten anzusetzen, da diese bereits im Besitz der Stadt Hanau bzw. des Landes Hessen sind. Zudem wird davon ausgegangen, dass der Erdaushub nach der Analyse der Bodenproben in die Einbauklasse 0 eingestuft wird und somit auf einer nah gelegenen landwirtschaftlichen Fläche, die sich auch im Besitz der Stadt Hanau oder des RPs Darmstadt befindet, aufgeschüttet werden kann. Sollte dies nicht möglich sein, ggf. auch aufgrund der Erdaushubmenge, ergeben sich für die fachgerechte Entsorgung des Erdaushubes 25 €/m³ und somit 233.625 € mehr für den ersten Bauabschnitt bzw. 412.500 € mehr für den zweiten Bauabschnitt. Für den Einbau des Totholzes im zweiten Bauabschnitt sind ebenfalls keine Kosten anzusetzen, da dieses durch gerodete Bäume bereit gestellt wird.

Tabelle 21 enthält die Kostenabschätzung des ersten Bauabschnittes (gesamt: 371.507,19 €), Tabelle 22 die des zweiten Bauabschnittes (gesamt: 713.261,02 €).

Tabelle 21: Kostenabschätzung des ersten Bauabschnittes

Maßnahme	Kosten pro Stück	Stück	Gesamtkosten	Annahmen	Quelle
Bodenproben	800,00 €/St.	18,00 St.	14.400,00 €	1 Probe für 500 m ³	Fath 2017
Wassergebundene Decke (neuer Weg)	0,70 €/m ²	345,00 m ²	241,50 €		Staer o.J.
Rückbau (alter) Weg	5,00 €/m ²	322,50 m ²	1.612,50 €		Fath 2017
Abtrag Oberboden (Baustraße)	5,00 €/m ³	178,50 m ³	892,50 €		Fath 2017
Abtrag Oberboden (Verlegungsstrecke)	5,00 €/m ³	900,00 m ³	4.500,00 €		Fath 2017
Geotextil (Baustraße)	2,10 €/m ²	697,00 m ²	1.463,70 €		Bermüller & Co. GmbH 2016, 3
Gebrochenes Natursteinmaterial (Körnung 0/32 mm) (Baustraße)	30,00 €/m ³	178,50 m ³	5.355,00 €		Fath 2017
Entfernung Ufergehölz	15,00 €/St.	10,00 St.	150,00 €	Durchmesser < 15 cm	MULNV NRW o.J. a
Erdaushub (Verlegungsstrecke)	30,00 €/m ³	9.000,00 m ³	270.000,00 €		Winkler o.J.
Abtransport und Aufschüttung (Erdaushub)	5,00 €/m ³	9.000,00 m ³	45.000,00 €		Fath 2017
Totholz (Einbau)	100,00 €/St.	1,00 St.	100,00 €		MULNV NRW o.J. b
Kies (8 bis 16 mm) (Kiesbank)	19,64 €/t	4,80 t	94,27 €		Waschkieswerk Eich GmbH & Co. KG 2017
Wasserbausteine LMB _{10/60} (Lamboybrücke)	39,51 €/t	458,54 t	18.115,80 €	0,5 t für 1 m ²	Allgemeine Baustoff-Handels-Contor GmbH 2016
Rückbau Sohlen- und Uferverbau und Bühnen	35,00 €/lfm	170,00 lfm	5.950,00 €		Kreis Lippe 2012, 2
Regiosaatgut	63,00 €/kg	33,84 kg	2.131,92 €	1 kg für 200 m ²	Saaten-Zeller GmbH & Co KG 2017, 28
Rückbau Wehr	1.500,00 €/St.	1,00 St.	1.500,00 €		Kreis Lippe 2012, 22
Gesamtkosten:			371.507,19 €		

Tabelle 22: Kostenabschätzung des zweiten Bauabschnittes

Maßnahme	Kosten pro Stück	Stück	Gesamtkosten	Annahmen	Quelle
Bodenproben	800,00 €/St.	30,00 St.	24.000,00 €	1 Probe für 500 m ³	Fath 2017
Entfernung Ufergehölz	15,00 €/St.	40,00 St.	600,00 €	Durchmesser < 15 cm	MULNV NRW o.J. a
Abtrag Oberboden Verlegungsstrecke	5,00 €/m ³	1500,00 m ³	7.500,00 €		Fath 2017
Erdaushub (Verlegungsstrecke)	30,00 €/m ³	15.000,00 m ³	450.000,00 €		Winkler o.J.
Abtransport und Aufschüttung (Erdaushub)	5,00 €/m ³	15.000,00 m ³	75.000,00 €		Fath 2017
Kies (8 bis 16 mm) (Kiesbank)	19,64 €/t	14,40 t	282,82 €	1,6 t für 1 m ³	Waschkieswerk Eich 2017
Weidenspreitlage	25,00 m ²	115,00 m ²	2.875,00 €		ÖKON-Vegetationstechnik GmbH o.J.
Rückbau Sohlen- und Uferverbau und Buhnen	35,00 €/lfm	270,00 lfm	9.450,00 €		Kreis Lippe 2012, 2
Regiosaatgut	63,00 €/kg	56,40 kg	3.553,20 €	1 kg für 200 m ²	Saaten-Zeller GmbH & Co KG 2017, 28
Rückbau (alte) Pegelanlage	20.000,00 €/St.	1,00 St.	20.000,00 €		eigene Annahme
Bau Holzbrücken	60.000,00 €/St.	2,00 St.	120.000,00 €		eigene Annahme
Gesamtkosten			713.261,02 €		

12. Gewässerunterhaltungsmaßnahmen

Nach § 27 Abs. 1 WHG sind oberirdische Gewässer „so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustandes vermieden wird und ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden“ (§ 27 Abs. 1 WHG 2017). § 39 Abs. 1 WHG definiert die Ziele genauer. Neben der Erhaltung von Gewässerbett und Ufer, gehört bspw. auch „die Erhaltung und Förderung der ökologischen Funktionsfähigkeit“ (§ 39 Abs. 1 WHG 2017) dazu. Der Begriff Gewässerunterhaltung bezeichnet folglich diejenigen Maßnahmen der Pflege und Entwicklung eines oberirdischen Gewässers, die zur Erreichung dieser Ziele notwendig sind und diesen nicht entgegenstehen (vgl. § 39 Abs. 1 WHG 2017 und Patt et. al. 2011, 353).

Die nachfolgenden Kapitel gehen auf die Unterscheidung von regelmäßig bzw. unregelmäßig durchzuführenden Maßnahmen ein und sprechen detaillierte Empfehlungen für die Gewässerunterhaltung im Planungsgebiet aus.

12.1. Regelmäßig und unregelmäßig durchzuführende Maßnahmen

Es wird zwischen regelmäßigen und unregelmäßig durchzuführenden Gewässerunterhaltungsmaßnahmen unterschieden (siehe Tabelle 23). Regelmäßige Maßnahmen werden mindestens einmal im Jahr durchgeführt und bezeichnen zusammengefasst „die Reduzierung oder Beseitigung eines übermäßigen Pflanzenaufwuchses im Abflussprofil sowie an Deichen und Dämmen“ (Patt et. al. 2011, 353). Unregelmäßige Maßnahmen werden nur nach Bedarf durchgeführt, bspw. wenn der Querschnitt nach einem Hochwasser oder Unwettern maßgeblich durch Holzansammlungen verkleinert wird. (vgl. Patt et. al. 2011, 353 und 361)

Tabelle 23: Gewässerunterhaltungsmaßnahmen (Lehmann 2005, 136)

Regelmäßig wiederkehrende Unterhaltungsmaßnahmen	Unregelmäßig wiederkehrende Unterhaltungsmaßnahmen
Mechanische Unterhaltung: <ul style="list-style-type: none"> • Mähen (Mahd) • Krauten Biologische Unterhaltung: <ul style="list-style-type: none"> • Schafbeweidung • Pflanzenfressende Fische • Konkurrenzstarke Pflanzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Räumung • Reduzierte Räumung • Gehölzpflege • Beseitigung von Schäden am Gewässerbett • Arbeiten nach Hochwassern und Unwettern • Unterhaltung von wasserbaulichen Anlagen • Wühltierbekämpfung

12.2. Empfehlungen für das Planungsgebiet

Die Kinzig soll nach der Verlegung des Gewässerlaufs, also nach Abschluss beider Bauabschnitte, durch ihre eigendynamische Entwicklung einen möglichst naturnahen Zustand im Planungsgebiet erreichen. Dennoch kann nicht komplett auf Gewässerunterhaltungsmaßnahmen verzichtet werden. In den zwei nachfolgenden Kapiteln werden deshalb diejenigen Maßnahmen, die nach Fertigstellung des ersten bzw. des zweiten Bauabschnitts empfohlen werden, vorgestellt. Es ist dabei immer auf die Fischschon- und die Vogelbrutzeiten zu achten.

12.2.1. Erster Bauabschnitt

Alle drei Monate wird eine Überprüfung des Abflussquerschnitts im Brückenbereich empfohlen, um wechselnden hydraulischen Verhältnissen – bedingt durch Sedimentablagerungen, Auskolkungen oder Holzansammlungen – frühzeitig entgegenwirken zu können. Dies ist für die Erhaltung zuverlässiger und verwertbarer Messergebnisse der Ultraschall-Durchflussmessanlage und des Wasserstandradars relevant. Da die im Oberlauf gelegene (alte) Pegelanlage auch noch nach Fertigstellung des ersten Bauabschnitts in Betrieb ist, sind die Böschungen der Pegelmessstrecke zwischen km 4,830 und km 4,890 zwei Mal im Jahr, mittig der Blüte und nach dem Ende der Vegetationszeit, zu mähen (vgl. Patt et. al. 2011, 354).

Im übrigen Planungsgebiet sind Unterhaltungsmaßnahmen nur bei Bedarf, also unregelmäßig, durchzuführen. So ist unmittelbar nach einem Hochwasser oder einem Unwetter das gesamte Projektgebiet auf mögliche Schäden hin zu untersuchen. Wird der Wasserabfluss durch Holzansammlungen oder umgestürzte Bäume nicht behindert oder sollen diese als Strukturelement erhalten bleiben, ist eine möglicherweise notwendige Sicherung mit Drahtseilen gegen Wegspülen zu prüfen bzw. bei Bedarf auch umzusetzen. Behindern die Holzansammlungen oder umgestürzten Bäume jedoch den Abfluss, sind sie zu beseitigen. Ablagerungen, Seitenerosionen und Bewuchs sind zu tolerieren. Eine Anpflanzung von Gehölzen ist nicht vorgesehen, da sich das Planungsgebiet durch Sukzession selbst gestalten soll.

Zusätzlich empfiehlt sich einmal im Jahr eine allgemeine Begutachtung des Planungsgebietes durchzuführen, um die Entwicklungen und Fortschritte mit Fotos zu dokumentieren sowie den Zustand mit dem definierten Leitbild zu vergleichen. Finden die Veränderungen nicht im gewünschten Maß statt, ist zu entscheiden, ob ein erneutes Eingreifen sinnvoll ist.

12.2.2. Zweiter Bauabschnitt

Die für den ersten Bauabschnitt vorgeschlagenen Maßnahmen werden auch nach der Beendigung des zweiten Bauabschnittes empfohlen. Eine Ausnahme stellt lediglich das Mähen der Böschungen der Pegelmessstrecke dar, da dieses aufgrund des Rückbaus der Pegelanlage nicht mehr notwendig ist.


13. Steckbriefe


In den nachfolgenden Steckbriefen werden zusammenfassend die wichtigsten Defizite, Restriktionen, Entwicklungsziele und empfohlenen Maßnahmen der einzelnen Abschnitte erläutert. Die Kilometrierung bezieht sich dabei auf den Ist-Zustand.


Nahezu alle formulierten Entwicklungsziele (siehe Kapitel 7.8., Seite 74) beziehen sich auf das gesamte Planungsgebiet und werden daher in diesem Kapitel nicht explizit aufgelistet. Lediglich diejenigen, die spezifisch für einen Abschnitt gelten, sind Bestandteil des jeweiligen Steckbriefes.


Zusätzlich gelten folgende Punkte für das gesamte Projektgebiet:

- Defizite
 - fehlende Laufkrümmung
 - keine Eigendynamik
 - Fehlen wasserbaulicher Elemente
 - Sohlen- und Böschungsbefestigung
- Restriktionen
 - Landschaftsschutz- und FFH-Gebiet
 - Fußgänger- und Radweg
- Maßnahme „Erhalten“
 - Erhaltung der Durchgängigkeit
 - Erhaltung des vorhandenen Bewuchses
 - Vollständige Erhaltung des in Fließrichtung betrachteten rechtsseitigen Weges
- Maßnahme „Entwickeln“
 - Förderung der eigendynamischen Entwicklung der Kinzig
 - Ausweisung und Entwicklung von Gewässerrandstreifen
- Maßnahme „Umgestalten“
 - Regelmäßige Profilgestaltung

Lage des Abschnittes	Abschnitt 1 – km 4,528 bis 4,561 (Lambloybrücke)  (eigenes Foto, aufgenommen am 2. Juni 2017)
Gewässerstruktur- güteklasse	<ul style="list-style-type: none"> • 6 (sehr stark verändert)
Ist-Zustand / Defizite	<ul style="list-style-type: none"> • komplette Fassung der Kinzig • Befestigung der Böschungen • Ansandung in der linken Gewässerhälfte • Auskolkung in der rechten Gewässerhälfte • Installation einer Ultraschall-Durchflussmessanlage und eines Wasserstandradars, Messungen sind derzeit nicht möglich
Restriktionen	<ul style="list-style-type: none"> • komplette Fassung der Kinzig • partielle Befestigung der Böschungen • Stabilität der Brücke
Entwicklungsziele	<ul style="list-style-type: none"> • hydraulisch konstante Verhältnisse
Maßnahmen	<u>Umgestalten:</u> <ul style="list-style-type: none"> • langfristige Sicherung des Messquerschnittes und konstanter hydraulischer Verhältnisse im Brückenbereich

Lage des Abschnittes	Abschnitt 2: km 4,561 bis km 4,650  (eigenes Foto, aufgenommen am 30. Mai 2017)
Gewässerstruktur- güteklasse	<ul style="list-style-type: none"> • km 4,561 bis km 4,600: 6 (sehr stark verändert) • km 4,600 bis km 4,650: 7 (vollständig verändert)
Ist-Zustand / Defizite	<ul style="list-style-type: none"> • drei Buhnen • genehmigte Übungs- und Trainingsstrecke der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau • Rückstände des Wehres • Böschungsbefestigung
Restriktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrfamilienhaus • genehmigte Übungs- und Trainingsstrecke der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau
Entwicklungsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Eigendynamische Entwicklung • Schutz des Mehrfamilienhauses vor Seitenerosionen
Maßnahmen	<u>Erhalten:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung des derzeit bestehenden Gewässerbettes als Flutmulde <u>Umgestalten:</u> <ul style="list-style-type: none"> • partielle Verlegung des in Fließrichtung betrachteten linksseitigen Weges (zwischen km 4,561 und km 4,770) • Laufverlegung und -verlängerung (linksseitige Verlegung ins Grünland) • Einbau einer Buhne für einen mittigen Strömungsstrich unter der Lamboybrücke (nur bei Bedarf) • Befestigung der Einmündung des neuen Altarms • Böschungsbefestigung zum Schutz des Mehrfamilienhauses • Entfernung der Buhnen und der Rückstände des Wehres

Lage des Abschnittes	<p>Abschnitt 3: km 4,650 bis km 4,830 und Abschnitt 5: km 4,890 bis km 5,000</p>  <p>(eigenes Foto, aufgenommen am 2. Juni 2017)</p>
Gewässerstruktur- güteklasse	<ul style="list-style-type: none"> • km 4,650 bis km 4,830: Klasse 7 (vollständig verändert) • km 4,830 bis km 4,900: Klasse 7 (vollständig verändert) • km 4,900 bis km 5,000: Klasse 6 (sehr stark verändert)
Ist-Zustand / Defizite	<ul style="list-style-type: none"> • Sohlen- und Böschungsbefestigung
Restriktionen	<ul style="list-style-type: none"> • keine weiteren Restriktionen
Entwicklungsziele	<ul style="list-style-type: none"> • eigendynamische Entwicklung
Maßnahmen	<p><u>Erhalten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung des derzeit bestehenden Gewässerbettes als neuer Altarm und Flutmulde • partielle Erhaltung des in Fließrichtung betrachteten linksseitigen Weges (zwischen km 4,770 und km 5,000) <p><u>Umgestalten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • partielle Verlegung des in Fließrichtung betrachteten linksseitigen Weges (zwischen km 4,561 und km 4,770) • Laufverlegung und -verlängerung (linksseitige Verlegung ins Grünland und Reaktivierung des Altarms) • Einbau von Störsteinen, Totholz und Kiesbänken • Befestigung des Einmündungs- und Auslaufbereiches der Flutmulde und der Einmündung des neuen Altarms

Lage des Abschnittes	Abschnitt 4: km 4,830 bis km 4,890  (eigenes Foto, aufgenommen am 2. Juni 2017)
Gewässerstruktur- güteklasse	<ul style="list-style-type: none"> • 7 (vollständig verändert)
Ist-Zustand / Defizite	<ul style="list-style-type: none"> • (alte) Pegelanlage • Sohlen- und Böschungsbefestigung • Bewuchs: Gräser
Restriktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Rückbau der (alten) Pegelanlage ist erst nach drei Jahren möglich
Entwicklungsziele	<ul style="list-style-type: none"> • eigendynamische Entwicklung • Rückbau der (alten) Pegelanlage
Maßnahmen	<p><u>Erhalten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung des derzeit bestehenden Gewässerbettes als neuer Altarm • Erhaltung des in Fließrichtung betrachteten linksseitigen Weges (zwischen km 4,770 und km 5,000) <p><u>Umgestalten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Laufverlegung und -verlängerung (Reaktivierung des Altarms) • Einbau von Störsteinen, Totholz und Kiesbänken • Befestigung von Einmündungs- und Auslaufbereich der Flutmulde und der Einmündung des neuen Altarms • Rückbau der Pegelanlage

14. Zusammenfassung und Fazit

Eine Gewässerentwicklung ist ein umfangreicher Planungsprozess mit dem Ziel ein naturnahes sowie ökologisch funktionsfähiges Fließgewässer wiederherzustellen und, wenn möglich, eine Verbesserung des Hochwasserschutzes zu erreichen. Der Einbau von Initialmaßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Entwicklung und die Bereitstellung von Gewässerrandstreifen sind dabei wichtige Elemente. Betroffene sollten frühzeitig in die Planungen mit einbezogen werden, um ihre Interessen zu kennen und ggf. entsprechend zu berücksichtigen. So können spätere Konflikte rechtzeitig verhindert werden. Der Erfolg der umgesetzten Maßnahmen hängt dabei maßgeblich von der für die Entwicklung des Fließgewässers zur Verfügung gestellten Fläche ab.

Das Regierungspräsidium Darmstadt (Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt, Frankfurt), kurz RPAUF, betreibt seit 1956 an der Kinzig eine (alte) Pegelanlage (km 4,850), die für die Hochwasservorhersage am Main eine hohe Relevanz hat. Seit den 2000er Jahren erschweren verschiedene Probleme die Nutzung, weshalb ein Rückbau der Anlage vorgesehen ist. 2003 wurde daher eine Ultraschall-Durchflussmessanlage an der Lamboybrücke (Bundesstraße B8) installiert, die zukünftig die (alte) Pegelanlage ersetzen soll. Messungen mit der neuen Anlage sind allerdings zurzeit nicht möglich, da eine ungleichmäßige Anströmung und die Entstehung von Sandablagerungen bzw. Auskolkungen verfälschte bzw. gar keine Ergebnisse liefern. Im Zuge einer Gewässerentwicklungsplanung soll daher zum einen eine homogene und gleichförmige Anströmung im Brückenbereich sichergestellt werden, zum anderen wird der ausgebaut und naturferne Kinzigabschnitt zwischen km 4,528 und km 5,000 naturnah gestaltet, um die Anforderungen der WRRL einzuhalten und langfristig einen guten ökologischen Zustand zu erreichen.

Die Durchführung einer Defizitanalyse verdeutlicht die Abweichung des Planungsgebietes von einem naturnahen Zustand (Gewässerstrukturgüteklassen 6 und 7; sehr stark verändert bzw. vollständig verändert) und somit vom heutigen potenziell natürlichen Gewässerzustand (hpn-Zustand). Die Begradigung und der Ausbau des Abschnittes, die Befestigung des Gewässerlaufs, das Nichtvorhandensein eines Gewässerrandstreifens und das Fehlen diverser Strukturelemente sind schwerwiegende Defizite, die es zu beheben gilt.

Eine naturnahe Laufentwicklung und naturnahe Ufer- und Sohlenstrukturen können im Planungsgebiet nur durch eine Verlegung des Kinzigverlaufes erreicht werden. Hierbei stellen ein rechtsseitig bestehendes Mehrfamilienhaus (ehemaliges Forsthaus, Bestandsschutz) und die Lamboybrücke Restriktionen dar, die sowohl bei der Variantenentwicklung als auch bei der Definition des Leitbildes beachtet werden müssen. Insgesamt ergeben sich vier verschiedene Varianten, die sich deutlich in ihrer Verlegungsstrecke und den Auswirkungen des Eingriffs unterscheiden. Zum einen sind eine links- bzw. links- und rechtsseitige Verlegung der Kinzig denkbar, zum anderen aber auch die Reaktivierung des Altarms sowie eine Kombination beider Möglichkeiten.

Nach einer Analyse der Vor- und Nachteile stellt sich die Variante, in der die Anschließung des Altwassers/Reaktivierung des Altarms in der oberen Hälfte des Planungsgebietes und die linksseitige Verlegung in der unteren Hälfte vorgesehen sind, als Vorzugsvariante dar. Die naturnahe Laufkrümmung, die starke Orientierung am historischen Verlauf sowie die geringen Folgen für die vorherrschende Flora und Fauna sind entscheidende Vorteile. Das RPAUF und die untere Naturschutzbehörde – Stadt Hanau, Ansprechpartner Herr Schroth – sind ebenfalls Befürworter dieser Variante. Für die Erreichung einer eigendynamischen Entwicklung ist zusätzlich die Umsetzung weiterer Maßnahmen, wie der Einbau von Totholz und Störsteinen sowie die Bereitstellung eines beidseitigen Gewässerrandstreifens, notwendig.

Bei der Umsetzung der Planungen wird es nach Ansicht der Autorin zu Diskussionen mit der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau kommen, da diese nicht bereit ist, die im Planungsgebiet genehmigte Übungs- und Trainingsstrecke (Disziplin: Kanuslalom) trotz jahrelanger Nichtnutzung aufzugeben. Eine zukünftige Nutzung ist jedoch nicht mit den Zielen des Landschaftsschutz- und FFH-Gebietes vereinbar.

Um langfristig korrekte Messergebnisse der Ultraschall-Durchflussmessanlage an der Lamboybrücke zu erhalten und konstante hydraulische Verhältnisse sicherzustellen, sind im Zuge der Gewässerentwicklung auch die dauerhafte Befestigung des Querschnittes und der Verzicht auf den Einbau wasserbaulicher Strukturen (ca. 100 m flussaufwärts) umzusetzen. So werden die Entstehung von Seiten- und Tiefenerosionen, Ansandungen, Auskolkungen sowie Bewuchs verhindert und haben folglich keinen Einfluss auf die Beziehung zwischen Wasserstand und Durchfluss. Hessen Mobil (Betreiber der Lamboybrücke) profitiert hiervon ebenfalls, da die Verhinderung von Auskolkungen die Stabilität der Brücke gewährleistet. Verfälschungen der Messergebnisse durch wechselnde hydraulische Bedingungen können dennoch nicht ausgeschlossen werden können, da sich der Standort im Rückstaubereich des Kinzigwehres (km 2,870) befindet. Aus diesem Grund ist eine Positionierung der Pegelanlage im Oberlauf des Kinzigwehres nicht zu empfehlen.

Die Verlegung der Kinzig findet in zwei Bauabschnitten in einem Abstand von ca. drei Jahren statt. Nach Abschluss des ersten Bauabschnittes (linksseitige Verlegung des Gewässerlaufes über das Grünland und Ausbildung des Messquerschnittes im Brückenbereich; km 4,528 bis 4,735) müssen die Ergebnisse der Ultraschall-Durchflussmessanlage mit den Werten der (alten) Pegelanlage überprüft werden, bevor diese endgültig zurückgebaut und die Reaktivierung des Altarms – Bauabschnitt 2, km 4,735 bis 5,000 – stattfinden kann. Hierbei sind die Vegetations-, die Fischschon- und die Vogelbrutzeiten zu beachten. Berechnungen mit der HecRAS Software haben zudem gezeigt, dass die Hochwassersituation durch die Verlegung nicht verschlechtert, sondern verbessert wird und der gewählte Pegelstandort für die Installation einer Ultraschall-Durchflussmessanlage geeignet ist.

Die Autorin ist der Meinung, dass durch die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen langfristig ein naturnaher Zustand samt Einhaltung der kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungsziele im Planungsgebiet erreicht werden kann. Der Entwicklungsprozess hängt jedoch

von vielen verschiedenen Faktoren ab und wird durch das Auftreten von Hochwasserereignissen beeinflusst. Die regelmäßige Überprüfung und Dokumentation der Veränderungen sowie die Beseitigung möglicher Schäden sind daher für den Erfolg der Gewässerentwicklung sinnvoll.

15. Literaturverzeichnis

- Allgemeine Baustoff-Handels-Contor GmbH (2016): Preise ab Lieferwerk Nesselgrund, Verkaufsbüro Erfurt, online verfügbar unter http://www.abc-baustoffe.de/fileadmin/user_upload/PL_VKB_Erfurt_Internet_LW_Nesselgrund.pdf (abgerufen am 26.09.2017).
- BAuA (Hrsg.) (2014): Wirtschaftliche und sichere Baustelleneinrichtung (4. Aufl.), Autoren: Dipl.-Ing. Günter Blochmann, Dipl.-Ing. Bau. Ass. Hans Mahlstedt, online verfügbar unter https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A84.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (abgerufen am 06.09.2017).
- BAW (2016): Hochwasserneutralität, Karlsruhe, online verfügbar unter <http://wiki.baw.de/de/index.php/Hochwasserneutralität> (abgerufen am 22.08.2017).
- BAW (Hrsg.) (2008): BAWMerkblatt: Anwendung von hydraulisch- und bitumengebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (MAV), Karlsruhe: Eigenverlag, online verfügbar unter https://izw.baw.de/publikationen/merkblaetter/0/BAWMerkblatt_Anwendung_hydraul_bitum_Verguss_MAV_2008.pdf (abgerufen am 21.08.2017).
- Bay, M. (2015): Diese Fische sind in Oberfranken gefährdet. Veröffentlicht im Nordbayerischer Kurier Zeitungsverlag GmbH, Verleger und Herausgeber: Dr. Laurent Fischer, online verfügbar unter http://www.nordbayerischer-kurier.de/nachrichten/diese-fische-sind-oberfranken-gefaehrdet_423885 (abgerufen am 12.05.2017).
- Bayrisches Landesamt für Umwelt (2007). Gewässerentwicklung: planen und umsetzen, Augsburg, online verfügbar unter [http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000007?SID=1414068868&ACTIONxSESSx-SHOWPIC\(BILDxKEY:'lfu_was_00022',BILDxCLASS:'Artikel',BILDxTYPE:'PDF'\)](http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000007?SID=1414068868&ACTIONxSESSx-SHOWPIC(BILDxKEY:'lfu_was_00022',BILDxCLASS:'Artikel',BILDxTYPE:'PDF')) (abgerufen am 19.05.2017).
- Bayrisches Landesamt für Umwelt (2017 a): Gewässerstrukturkartierung, vertreten durch den Präsidenten Claus Kumutat, Augsburg, online verfügbar unter <https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserstruktur/index.htm> (abgerufen am 20.05.2017).
- Bayrisches Landesamt für Umwelt (2017 b): Wasserstandsmessung, vertreten durch den Präsidenten Claus Kumutat, Augsburg, online verfügbar unter https://www.lfu.bayern.de/wasser/wasserstand_abfluss/wasserstandsmessung/index.htm (abgerufen am 14.07.2017).
- BDP (o.J.): Autochthones Saatgut – was ist das?, online verfügbar unter http://www.bdp-online.de/de/Branche/Saatguthandel/RegioZert/Autochthones_Saatgut___was_ist_das_/ (abgerufen am 08.08.2017).
- Bermüller & Co. GmbH (2016): Geokunststoffe. Preisliste, Geschäftsführer: Rudolf und Stefan Bermüller, Nürnberg.

- BfN (o.J.): Biotopverbund, Bonn, online verfügbar unter https://www.bfn.de/0311_biotopverbund.html (abgerufen am 22.06.2017).
- BGR-Geoviewer (2017): Geologische Karte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (GK1000), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (Hrsg.), online verfügbar unter <https://geoviewer.bgr.de> (abgerufen am 10.05.2017).
- BNatSchG (2017). Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. Bundesnaturschutzgesetz, Ausfertigungsdatum: 29.07.2009, online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf (abgerufen am 18.05.2017).
- Briem, E. (2003 a): Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. Morphologische Merkmale der Fließgewässer und ihrer Auen, Hennef: ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- Briem, E. (2003 b): Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. Blatt Süd/West. Maßstab: 1:500000, Darstellung: Umweltbundesamt, Quelle: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- Briem, E. (2003 c): Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. „Steckbriefe“. Kurzbeschreibung der wichtigsten regionalen und morphologischen Merkmale der Fließgewässer und ihrer Auen, Hennef: ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V..
- Brunotte, E. (Hrsg.) (2001): Lexikon der Geographie. A bis Gasg (Bd. 1), Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Bruss, S. / Bruss, T. (2017): Bauzeitenplan, Hamburg, online verfügbar unter <https://www.architektur-lexikon.de/cms/lexikon/35-lexikon-b/249-bauzeitenplan.html> (abgerufen am 11.09.2017).
- BUND (o.J.): Hochwasserkatastrophen sind Menschenwerk, Leiterin des Bereichs Gewässerpolitik: Laura von Vittorelli, Berlin, online verfügbar unter <https://www.bund.net/fluesse-gewaesser/hochwasser/> (abgerufen am 17.09.2017).
- Bundesamt für Naturschutz (2015 a): Steckbriefe der Natura 2000 Gebiete. 5819-308 Erlensee bei Erlensee und Bulau bei Hanau (FFH-Gebiet), online verfügbar unter http://www.bfn.de/0316_steckbriefe.html?&tx_n2gebiete_pi1%5Bbundeslandffh%5D%5B0%5D=HE&tx_n2gebiete_pi1%5Bdetail%5D=ffh&tx_n2gebiete_pi1%5Bsearchffh%5D=Suche%20starten&tx_n2gebiete_pi1%5Bsitecode%5D=DE5819308&tx_n2gebiete_pi1%5Bspid%5D=4624 (abgerufen am 19.05.2017).
- Bundesamt für Naturschutz (2015 b): FFH Verträglichkeitsprüfung, Bonn, online verfügbar unter https://www.bfn.de/0306_ffhvp.html (abgerufen am 27.05.2017).
- Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, Ortsverband Regensburg (2017): Kompetenzen rund ums Wasser, Regensburg, online verfügbar unter <https://ov-regensburg.thw.de/kompetenzen-in-regensburg/wassergefahren/> (abgerufen am 28.09.2017).
- Christiansen, M. (2004): Hochwasser: Ursachen und Konsequenzen am Beispiel der Elbe, Geographisches Institut der Universität Kiel, online verfügbar unter http://www.ikzm-d.de/seminare/pdf/christiansen_hochwasser.pdf (abgerufen am 17.09.2017).

- Deutscher Kanu-Verband (2008): Kanu-Slalom. Duisburg. Online verfügbar unter http://www.kanu.de/home/leistungssport/kanu_slalom.xhtml (abgerufen am 11.06.2017).
- Fath, J. (2017): Mitarbeiter des Bauunternehmens Leonhard Weiss, Telefongespräch, durchgeführt am 15.09.2017.
- FFH-Richtlinie (2006): RICHTLINIE 92/43/EWG DES Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, Ausfertigungsdatum: 21.05.1992, online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:DE:PDF> (abgerufen am 19.05.2017).
- Freimann, R. (2014): Hydraulik für Bauingenieure. Grundlagen und Anwendungen (3. Aufl.), München: Carl Hanser Verlag.
- Gebler, R.-J. (2005): Entwicklung naturnaher Bäche und Flüsse. Maßnahmen zur Strukturverbesserung. Grundlagen und Beispiele aus der Praxis, Ingenieurbüro Dr. Gebler. Walzbachtal: Verlag Wasser + Umwelt.
- Google Earth (2017): Google Inc., Mountain View, USA.
- Grayson, W. (2015): Komatsu PC210LC-10 excavator review, online verfügbar unter <http://www.equipmentworld.com/komatsu-pc210lc-10-excavator-review/> (abgerufen am 21.09.2017).
- HecRAS (2017): Hydraulic Engineering Center – River Analysis System, US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Davis, Kalifornien, USA.
- Hessen Mobil (2017): Bauwerksbuch nach DIN 1076, Version 1.92.1, Druck vom 20.07.2017., bereitgestellt von Frau Höhl.
- HLNUG (2017): Station: Hanau (24784259), Wiesbaden, online verfügbar unter <http://www.hlnug.de/static/pegel/wikiweb2/stations/24784259/station.html> (abgerufen am 15.06.2017).
- HLNUG (o.J. a): Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Geotope im hessischen Spessart, Wiesbaden, online verfügbar unter http://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das_hlug/hessentag/2009/www_HT2009_geotope_spessart.pdf (abgerufen am 15.05.2017).
- HLNUG (o.J. b): Fließgewässer-Struktur, Wiesbaden, online verfügbar unter <https://www.hlnug.de/themen/wasser/fliessgewaesser/fliessgewaesser-struktur.html> (abgerufen am 15.06.2017).
- HLUG (2004): Rheingebiet, Teil II, Main. Abflüsse. 2004, Wiesbaden, online verfügbar unter https://www.hlnug.de/static/pegel/static/local/stationdoc/24784259/berichte/Abflussskennwerte/Hanau_2004.pdf (abgerufen am 19.08.2017).
- HLUG (2010 a): Bericht zur Gewässergüte 2010, Dezernat W1 Gewässerökologie – Dr. Mechthild Banning und Dezernat Z4 Informationstechnik – Ute Helspe, Wiesbaden, online verfügbar unter https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/HMUELV/hlug_berichtgewaesserguetekarte2010.pdf (abgerufen am 08.08.2017).

- HLUG (2010 b): Ökologischer Zustand – Bewertung der Gewässergüte, Wiesbaden, online verfügbar unter https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/HMUELV/hlug_bioguetekarte_20101124_a0.pdf (abgerufen am 08.08.2017).
- HMUELV (2012 a): Leitfaden zum Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen. Kurzbezeichnung: Leitfaden „Immissionsbetrachtung“, Arbeitsgruppen-Leitung: Frau Brehmer, Wiesbaden, online verfügbar unter https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/HMUELV/leitfaden_immissionsbetrachtung_stand_10-2012.pdf (abgerufen am 20.05.2017).
- HMUELV (2012 b): Arbeitshilfe Aufbringen von Bodenmaterial auf Ackerfläche. Rechtliche Rahmenbedingungen und fachliche Beurteilungskriterien, Wiesbaden, online verfügbar unter <https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelev/arbeitshilfeaufbringenau-fackerflaechen-14-04-2012.pdf> (abgerufen am 29.09.2017).
- HMUKLV (2008 a): Handbuch zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Hessen. 6. Lieferung. 5.2 Ergänzende Maßnahmen, 5.2.3. Abflussregulierung und morphologische Veränderungen, Wiesbaden, online verfügbar unter http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/5_service/hessenundlawwa/handbuchlieferung6/hb_5_2_3_abfl_morphae_marb.pdf (abgerufen am 20.05.2017).
- HMUKLV (2008 b): Handbuch zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Hessen. 6. Lieferung. 6.1.2 Umweltziele hydromorphologische Komponente, Wiesbaden, online verfügbar unter http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/5_service/hessenundlawwa/handbuchlieferung6/hb_6_1_2_uwz_hymorph_marb.pdf (abgerufen am 20.05.2017).
- HMUKLV (o.J. a): Renaturierung von Fließgewässern, Wiesbaden, online verfügbar unter https://umweltministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelev/7._renaturierung_von_fliessgewaessern_pdf-datei_878_kb.pdf (abgerufen am 27.05.2017).
- HMUKLV (o.J. b): Gewässergüte, Wiesbaden, online verfügbar unter <https://umwelt.hessen.de/umwelt-natur/wasser/baeche-fluesse-seen/gewaesserguete> (abgerufen am 08.08.2017).
- Hofmann, A. (o.J.): Auskolkung UF Kinzig. KC Bauwerksprüfung Gelnhausen, bereitgestellt von Hessen Mobil (Mitarbeiterin: Frau Höhl).
- Hugo, R. (2012): Ermittlung der morphologischen Entwicklungsfähigkeit der Fließgewässer Hessens. Endbericht, unter Mitarbeit von Kinsinger, C. und Assmann, R., Auftraggeber Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, online verfügbar unter <https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/struktur/Kurzdarstellung.pdf> (abgerufen am 14.05.2017).

- HWG (2010): Hessisches Wassergesetz, Ausfertigungsdatum: online verfügbar unter http://www.rv.hessenrecht.hessen.de/lexsoft/default/hessenrecht_rv.html?pid=Dokumentanzeige&showdoccase=1&js_peid=Trefferliste&documentnumber=1&numberofresults=103&fromdoctodoc=yes&doc.id=jlr-WasGHE2010rahmen%3Ajuris-lr00&doc.part=X&doc.price=0.0&doc.hl=1#docid:4199181,1,20151006 (abgerufen am 13.05.2017).
- HWRM-RL (2007): RICHTLINIE 2007/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:de:PDF> (abgerufen am 21.05.2017).
- HWRM-Viewer (2017): Hochwasserrisikomanagementpläne, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (Hrsg.), Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (Auftraggeber), Wiesbaden, online verfügbar unter <http://hwrn.hessen.de> (abgerufen am 28.09.2017).
- Jirka, G. H. / Lang, C. (2009): Einführung in die Gerinnehydraulik, Universitätsverlag Karlsruhe: Karlsruhe.
- Jovkov, S. (2014): HEC-RAS 4.1. River Analysis System. Kompaktanleitung für stationäre Abflussberechnungen, TU Darmstadt, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik, betreut durch Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Lehmann, Darmstadt.
- Kiencke, U. / Schwarz, M. / Weickert, T. (2008): Signalverarbeitung: Zeit-Frequenz-Analyse und Schätzverfahren, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH: München.
- Kommunales Center für Arbeit – Jobcenter und Soziales (o.J.): Kommunales Center für Arbeit – Region Gelnhausen), vertreten durch Michael Krumbe (Vorstand Jobcenter), online verfügbar unter <http://www.kca-mkk.de/fuer-arbeitsuchende/region-gelnhausen> (abgerufen am 15.05.2017).
- Kreis Lippe (2012): Kostenschätzung, Detmold, online verfügbar unter https://www.kreis-lippe.de/media/custom/2001_1735_1.PDF?1349867104 (abgerufen am 05.10.2017).
- LAGA (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung. 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), online verfügbar unter http://www.mlul.brandenburg.de/media_fast/4055/tr_laga2.pdf (abgerufen am 29.09.2017).
- LAGIS (o.J.): Kurfürstentum Hessen. Niveau Karte auf 112 Blättern nach 1/25000 d.w.G. Hanau, Marburg, online verfügbar unter http://www.lagis-hessen.de/img/hkw/pdf/2_107.pdf (abgerufen am 09. Juni 2017).
- Land Hessen (2004): Retentionskataster Hessen, Fluss Kinzig.

- Land Hessen/HMWEVL (2017): Plankarte. 3. Änderung des Landesentwicklungsplans Hessen 2010. Entwurf für die Beteiligung nach § 10 ROG in Verbindung mit § 4 HLPg. Beschluss der Hessischen Landesregierung vom 27.03.2017. Online verfügbar unter https://landesplanung.hessen.de/sites/landesplanung.hessen.de/files/dritte_Aenderung_LEP_Plankarte.pdf (abgerufen am 22.06.2017).
- Land Hessen/HMWEVL (o.J.): Landesentwicklung. Landesentwicklungsplan. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://landesplanung.hessen.de/lep-hessen/landesentwicklungsplan> (abgerufen am 22.06.2017).
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (2003): Wirksame und kostengünstige Maßnahmen zur Gewässerentwicklung, Projektbetreuung durch Dipl.-Ing. Ralf Schernikau, Mainz, online verfügbar unter <http://www.aktion-blau-plus.rlp.de/servlet/is/8584/Kostenguenstige%20Massnahmen.PDF?command=downloadContent&filename=Kostenguenstige%20Massnahmen.PDF> (abgerufen am 02.10.2017).
- LANUV NRW (2010): Handbuch zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern (Bd. 2), Recklinghausen, online verfügbar unter http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/sondersam/handbnatur/hbnatur2_Bd.pdf (abgerufen am 04.06.2017).
- LANUV NRW (2012): Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer. LANUV-Arbeitsblatt 18, Projektbearbeitung: Tanja Pottgiesser und Dr. Andreas Müller, online verfügbar unter https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/40018.pdf (abgerufen am 08.05.2017).
- LAWA (1999): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer, Berlin: Kulturbuch-Verlag GmbH, online verfügbar unter http://www.lawa.de/documents/Gewaesserstrukturguetekartierung_Verfahren_kleine_mittelgrosse_Fliessgewaesser.pdf (abgerufen am 05.05.2017).
- LAWA (2002): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Übersichtsverfahren, Berlin: Kulturbuch-Verlag GmbH, online verfügbar unter http://www.lawa.de/documents/Gewaesserstrukturkartierung_Bundesrepublik_Deutschland_Uebersichtsverfahren_909.pdf (abgerufen am 05.05.2017).
- LAWA (2010): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden, ständiger Ausschuss der LAWA „Hochwasserschutz und Hydrologie (AH)“, Dresden, online verfügbar unter http://www.lawa.de/documents/HWGK15062010_b72.pdf (abgerufen am 21.05.2017).
- LAWA und BMVBW (2004): Pegelvorschrift. Anlage G Arbeitsschutz. Teil 2: Richtlinie für den Bau und Betrieb ortsfester Seilkrananlagen für gewässerkundliche Zwecke, Sicherheitstechnische Anforderungen, Düsseldorf und Berlin: Kulturbuch-Verlag GmbH Berlin.

- Lehmann, B. (2005): Empfehlungen zur naturnahen Gewässerentwicklung im urbanen Raum – unter Berücksichtigung der Hochwassersicherheit – (Heft 230), in Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Franz Nestmann (Hrsg.), Karlsruhe: Institut für Wasser und Gewässerentwicklung – Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik – der Universität Karlsruhe (TH).
- Lehmann, B. (2013): Gewässerentwicklungsplanung. Methode zur nachhaltigen Renaturierung. Skriptum zum Kurs Wasserbau II / Block Gewässerentwicklung, Kursbegleitendes Skript, Technische Universität Darmstadt, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik, Darmstadt.
- Lehmann, B. (2016): Gewässerdynamik. Hydromorphologische Grundlagen und Berechnungsansätze für die Gewässerentwicklung. Teil 6. Feststoffbewegung, TU Darmstadt, Kursbegleitende Folien.
- LfU (Hrsg.) (1992): Handbuch Wasser 2. Gewässerentwicklungsplanung – Leitlinien –, Abteilung Wasser, Sachgebiet 41.2, Karlsruhe.
- LfU (Hrsg.) (2002): Gewässerentwicklung in Baden-Württemberg. Teil 3 – Arbeitsanleitung zur Erstellung von Gewässerentwicklungsplänen (1. Aufl., Bd. 72), Abteilung 4 – Wasser und Altlasten, Karlsruhe, online verfügbar unter http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/15339/gewaesserentwicklung_teil_3.pdf?command=downloadContent&filename=gewaesserentwicklung_teil_3.pdf (abgerufen am 26.05.2017).
- LfU (Hrsg.) (2003): Hydraulik naturnaher Fließgewässer. Teil 3 – Rauheits- und Widerstandsbeiwerte für Fließgewässer in Baden-Württemberg (1. Aufl.), Red.: Landesanstalt für Umweltschutz, Referat 41, Karlsruhe, online verfügbar unter https://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14421/hydraulik_teil_3.pdf?command=downloadContent&filename=hydraulik_teil_3.pdf (abgerufen am 05.10.2017).
- LKG - Ingenieurbüro für Bautechnik (2017): Contractorverfahren. Dipl.-Ing. Wilfried Kunze M.Eng. Wiesbaden. Online verfügbar unter <http://www.elkage.de/src/public/showterms.php?id=1988> (abgerufen am 16.08.2016).
- LUBW (Hrsg.) (2011): Hochwassersichere Entwicklung und Unterhaltung von Fließgewässern im urbanen Bereich – Maßnahmen und ihre hydraulischen Wirkungen, Bearbeitung: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Dr. Boris Lehmann und Dr. Sandra Schneider, online verfügbar unter https://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/77835/hochwassersichere_entwicklung_unterhaltung_fliessgewaesser.pdf?command=downloadContent&filename=hochwassersichere_entwicklung_unterhaltung_fliessgewaesser.pdf (abgerufen am 21.06.2017).

- LUBW (Hrsg.) (2014): Pegelbetrieb und Unterhaltung. Handlungsempfehlung Pegel- und Datendienst, Karlsruhe, online verfügbar unter https://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/240048/pegelbetrieb_und_unterhaltung.pdf?command=downloadContent&filename=pegelbetrieb_und_unterhaltung.pdf (abgerufen am 28.05.2017).
- LUBW (Hrsg.) (2015): Gestaltung von Pegelanlagen. Handlungsempfehlung Messwesen und Durchgängigkeit, Redaktion: Referat 43 – Hydrologie, Hochwasservorhersage, Pegel und Datendienst, Karlsruhe, online verfügbar unter https://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/253775/gestaltung_von_pegelanlagen.pdf?command=downloadContent&filename=gestaltung_von_pegelanlagen.pdf (abgerufen am 15.08.2017).
- LUBW (o.J. a): Thema 11: Gewässergüte, Karlsruhe, online verfügbar unter <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/17395/> (abgerufen am 08.08.2017).
- LUBW (o.J. b): Geschichte, Karlsruhe, online verfügbar unter <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/219996/> (abgerufen am 28.05.2017).
- LUBW + LfU (2015): Länderübergreifendes Hochwasserportal. Hinweise zum Internetangebot, online verfügbar unter <http://www.hochwasserzentralen.de/info.htm> (abgerufen am 14.06.2017).
- Martin, Christiane (Red.) (2000): Lexikon der Geowissenschaften. Edu bis Insti (Bd. 2), Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Martin, Christiane (Red.) (2001): Lexikon der Geowissenschaften. Instr bis Nor (Bd. 3), Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Menzi Muck AG (2017): Menzi Muck Schreitbagger, Kriessern (Schweiz), online verfügbar unter <https://www.menzimuck.com/produktgruppen/menzi-muck-schreitbagger/#fndtn-tab-367> (abgerufen am 28.09.2017).
- MKULNV NRW (o.J. a): Glossar, Düsseldorf, online verfügbar unter <http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Glossar> (abgerufen am 06.06.2017).
- MKULNV NRW (o.J. b): Bestandsaufnahme Niederrhein. Umsetzung der WRRL in die FGE Rhein. 1. Allgemeine Beschreibung des Bearbeitungsgebiets Niederrhein. 1.3 Fließgewässerlandschaften, Düsseldorf, online verfügbar unter http://daten.flussgebiete.nrw.de/bestandsaufn/daten/niederrhein/kap_1/kap_1_3.html (abgerufen am 31.05.2017).
- Morgenschweis, G. (2010): Hydrometrie. Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen, Bergische Universität Wuppertal, Institut für Grundbau, Abfall- und Wasserwesen, Lehr- und Forschungsgebiet Wasserwirtschaft und Wasserbau, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- MULNV NRW (o.J. a): Maßnahmensteckbrief – HY OW U17 Morphologie, online verfügbar unter http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Maßnahmen/HY_OW_U17_Morphologie (abgerufen am 27.09.2017).

- MULNV NRW (o.J. b): Maßnahmensteckbrief – HY OW U44 Morphologie, online verfügbar unter http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Maßnahmen/HY_OW_U44_Morphologie (abgerufen am 27.09.2017).
- Natureg Hessen (2017): Hessisches Naturschutzinformationssystem. Natureg. Informieren, Schützen, Verwalten. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.), Wiesbaden, online verfügbar unter <http://natureg.hessen.de> (abgerufen am 14.05.2017).
- Odeh, J. (2016): Prüfungsbescheinigung für wiederkehrende Prüfung gem. § 26 UVV Krane, durchgeführt von einem Angestellten der DEKRA Automobil GmbH, Lohfelden.
- ÖKON-Vegetationstechnik GmbH (o.J.): Weidenspreitlage, vertreten durch Lutz Herrmann und Dr. Volker Seidel, Tangstedt, online verfügbar unter <https://www.oekon-vegetationstechnik.de/loesungen/fliessgewaesser/mittlere-belastung/weidenspreitlage> (abgerufen am 05.10.2017).
- Ostrowski, M. (2015): Ingenieurhydrologie I, Kursbegleitendes Skript, Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung, Darmstadt.
- Patt, H. (2016): Fließgewässer- und Auenentwicklung. Grundlagen und Erfahrungen (2. Aufl.), unter Mitwirkung von Dr. rer. nat. Petra Podraza. Berlin, Heidelberg: Springer-Vieweg.
- Patt, H. / Jürging, P. / Kraus, W. (2011): Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern (4. Aufl.), Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.
- Pau, M. (2017): Fangliste 2016, Gewässerwartin des IGK.
- Pottgieser, T. / Sommerhäuser, M. (2008 a): Begleittext. Aktualisierung der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen (Teil A) und Ergänzung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen um typspezifische Referenzbedingungen und Bewertungsverfahren aller Qualitätselemente (Teil B), online verfügbar unter http://www.wasserblick.net/servlet/is/18727/00_Begleittext_Steckbriefe_Anhang_April2008.pdf?command=downloadContent&filename=00_Begleittext_Steckbriefe_Anhang_April2008.pdf (abgerufen am 22.05.2017).
- Pottgieser, T. / Sommerhäuser, M. (2008 b): Erste Überarbeitung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. Typ 9: Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse, online verfügbar unter http://www.wasserblick.net/servlet/is/18727/09_Typ9_April2008.pdf?command=downloadContent&filename=09_Typ9_April2008.pdf (abgerufen am 22.05.2017).
- Quantum Hydrometrie (2001): Bau und Betrieb von Ultraschall-Durchflussmessenanlagen, Gesellschaft für Mess- und Systemtechnik mbH, Berlin, online verfügbar unter https://www.quantum-hydrometrie.de/quantum/Allgemeiner_Leitfaden_Us.pdf (abgerufen am 16.07.2017).
- Regionalversammlung Südhessen (2010 a): Hanau, Ausschnitt aus der Hauptkarte, online verfügbar unter https://www.region-frankfurt.de/media/custom/2005_764_1.PDF?1318578536 (abgerufen am 21.05.2017).

- Regionalversammlung Südhessen (2010 b): Regionalplan/Regionaler Flächennutzungsplan 2010. Frankfurt Rhein Main, Legende, online verfügbar unter https://www.region-frankfurt.de/media/custom/2005_734_1.PDF?1423560798 (abgerufen am 21.05.2017).
- ROG (2015): Raumordnungsgesetz, Ausfertigungsdatum: 22.11.2018, online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/rog_2008/gesamt.pdf (abgerufen am 21.05.2017).
- RP Darmstadt (2014): Hochwasserrisikomanagementplan nach § 75 WHG für das Gewässersystem der Nidda. Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, online verfügbar unter http://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/hochwasser/hwrmp/nidda/2014_02_20_Gefahrenkarten.pdf (abgerufen am 28.05.2017).
- RP Darmstadt (2017 a): Organisationplan Regierungspräsidium Darmstadt, Darmstadt, online verfügbar unter https://rp-darmstadt.hessen.de/sites/rp-darmstadt.hessen.de/files/content-downloads/Organigramm_2017-04-01.pdf (abgerufen am 24.06.2017).
- RP Darmstadt (2017 b): Regionalplan Südhessen / Regionaler Flächennutzungsplan 2010, Ansprechpartner Michael Krämer (III 31.1 Regionalplanung), Darmstadt, online verfügbar unter https://rp-darmstadt.hessen.de/irj/RPDA_Internet?cid=b3c39cc0b19c9d2c600e728163b1abd1# (abgerufen am 24.05.2017).
- RP Darmstadt (o.J.): Landschaftsplanung. Landschaftsprogramm, Darmstadt, online verfügbar unter <https://rp-darmstadt.hessen.de/umweltnatur/naturschutz/landschaftsprogramm> (abgerufen am 22.06.2017).
- RPAUF und BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH (2015): Hochwasserrisikomanagementplan für das Gewässersystem Kinzig, Frankfurt am Main und Koblenz, online verfügbar unter https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/hochwasser/hwrmp/Kinzig/berichte/RMP_Kinzig_01_Langfassung.pdf (abgerufen am 14.06.2017).
- Saaten-Zeller GmbH & Co KG (2017): Regiosaatgut. Oberrheingraben mit Saarpfälzer Bergland. Ursprungsgebiet 9, Geschäftsführer: Joachim und Stefan Zeller, Eichenbühl, online verfügbar unter http://www.saaten-zeller.de/rel/images/Saaten-Zeller_Standardkatalog.pdf (abgerufen am 27.09.2017).
- Sauermost, R. (Hrsg.) (1999): Lexikon der Biologie. Ark bis Blas (Bd. 2), mit einem Vorwort von Prof. Dr. Robert Huber und Prof. Dr. Hubert Ziegler, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Sauermost, R. (Hrsg.) (2000): Lexikon der Biologie. H bis Kapi (Bd. 7), mit einem Vorwort von Mit einem Vorwort von Prof. Dr. Robert Huber und Prof. Dr. Hubert Ziegler, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

- Sauermost, R. (Hrsg.) (2003): Lexikon der Biologie. Reso bis Sim (Bd. 12), mit einem Vorwort von Mit einem Vorwort von Prof. Dr. Robert Huber und Prof. Dr. Hubert Ziegler, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Schälchli, U. (1993): Die Kolmation von Fliessgewässersohlen: Prozesse und Berechnungsgrundlagen (Mitteilung 124), in Prof. Dr. Dr. h. c. D. Vischer (Hrsg.), Zürich: Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Hochschule Zürich.
- Scherle, J. (1999): Entwicklung naturnaher Gewässerstrukturen – Grundlagen, Leitbilder, Planung – (Heft 199), in Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Franz Nestmann (Hrsg.), Karlsruhe: Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (TH).
- Schwarz, P. (2015): Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer und Auenstrukturen, Verband Hessischer Fischer e.V., Naturschutzbeauftragter für den Bereich der Stadt Hanau, Wiesbaden, online verfügbar unter http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/5_service/Stellungnahmen2015/107-Verband_Hessischer_Fischer_150620.pdf (abgerufen am 08.10.2017).
- Seifert, K (1983): Angel- und Fischereischule. 1 Allgemeine Fischkunde, München, Wien, Zürich: BLV Verlagsgesellschaft.
- Siedschlag, S. (2015): Wasserstände und Durchflüsse – messen, speichern und übertragen im digitalen Zeitalter, Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Wasserbau und Technische Hydrodynamik, 38. Dresdner Wasserbaukolloquium 2015 „Messen und Überwachen im Wasserbau und am Gewässer“, online verfügbar unter https://izw.baw.de/publikationen/dresdner-wasserbauliche-mitteilungen/0/25_Heft_53_Siedschlag_WasserständeDurchflüsse.pdf (abgerufen am 10.08.2017).
- Söhngen, B. / Hentschel, B. (2001): Einsatz wasserbaulicher Modelle zur Bewertung flussbaulicher Maßnahmen. Optimierung von Stromregulierungsbauwerken unter Einsatz unterschiedlicher Modelltypen. Entwicklung einer alternativen Buhnenform, Karlsruhe, Hamburg, Ilmenau: Bundesanstalt für Wasserbau, online verfügbar unter <http://vzb.baw.de/publikationen/kolloquien/0/Hentschel%202.pdf> (abgerufen am 26.05.2017).
- Stadt Hanau (2017 a): FFH-Gebiet Bulau und Erlensee bei Hanau, Oberbürgermeister Claus Kaminsky (Gesamtverantwortung), online verfügbar unter <http://www.hanau.de/lih/natur/gebiete/006025/> (abgerufen am 15.06.2017).
- Stadt Hanau (2017 b): Kinzigwehr, Hanau, Oberbürgermeister Claus Kaminsky (Gesamtverantwortung) online verfügbar unter <http://www.hanau.de/lih/natur/parks/003205/> (abgerufen am 12.10.2017).
- Stadtplanungsamt Hanau (2015): Übersichtsplan, online verfügbar unter http://www.hanau.de/mam/cms01/lih/bau/planung/plaene/__bersichtsplan_rechtskr_ftiger_bebauungspl__ne.pdf (abgerufen am 25.05.2017).
- Staer, M. (o.J.): Wassergebundene Decke – Aufbau und Herstellung, Klipphausen, online verfügbar unter <http://www.ruettelplatte-kaufen.com/ratgeber/wassergebundene-decke-aufbau-und-herstellung/> (abgerufen am 27.09.2017).

- StVZO (2017): Straßenverkehrs-Zulassung-Ordnung, online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/ (abgerufen am 25.09.2017).
- Umweltbundesamt (2012): Strukturell, Dessau-Roßlau, online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/fluesse/ueberwachung-bewertung/strukturell> (abgerufen am 09.05.2017).
- Umweltbundesamt (2013): Flüsse, verantwortlich Martin Ittershagen, Dessau-Roßlau, online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse#textpart-1> (abgerufen am 21.05.2017).
- Umweltbundesamt (2014): Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. Anhang 1 von „Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle“, Durchführung der Studie: Universität Duisburg-Essen, Abteilung Aquatische Ökologie, Essen, online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_43_2014_strategien_zur_optimierung_von_fliessgewaesser-renaturierung_0.pdf (abgerufen 11.05.2017).
- US Army Corps of Engineers (2016): HEC-RAS. River Analysis System. Hydraulic Reference Manual, Version 5.0. February 2016, Institute for Water Resources, Hydraulic Engineering Center, Davis, online verfügbar unter <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf> (abgerufen am 15.09.2017).
- Waschkieswerk Eich GmbH & Co. KG (2017): Preisliste ab 01.01.2017, Geschäftsführer: Reinhold Dreher, Helmut Omler, online verfügbar unter http://www.dreherbau.de/archiv/files/Preisliste_Grube_Eich_2017 (abgerufen am 05.10.2017).
- Wasserlauf – Stiftung für Gewässerschutz & Wanderfische NRW (o.J.): Glossar zu den Wassererlebniswegen. Pegel, Geschäftsführer: Dr. Frank Molls, Siegburg, online verfügbar unter <https://www.wasserlauf-nrw.de/erlebniswege/glossar.html> (abgerufen am 28.05.2017).
- Weidert, F. (2017): Bootshauswart der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau, Telefongespräch am 17. Juni 2017 und E-Mail-Verkehr.
- WHG (2017): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Wasserhaushaltsgesetz, Ausfertigungsdatum: 31.07.2009, online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/WHG.pdf (abgerufen am 13.05.2017).
- Wichowski, F. /Marbuger, M. (2011): Die EU-WRRL – Biologie der Fließgewässer und Konsequenzen für die Maßnahmenableitung. Die morphologischen Umweltziele in Hessen und Konsequenzen für die Maßnahmenableitung, RP Darmstadt und RP Kassel, Kassel, online verfügbar unter http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/5_service/rpu_wichowski_marbuger_morphologische_umweltziele_20110405.pdf (abgerufen am 14.05.2017).
- Winkler, P. (o.J.): Was kostet es, Erde ausheben zu lassen?, Dresden, online verfügbar unter <http://www.deine-handwerkerkosten.de/garten/bodenaushub-kosten/> (abgerufen am 25.09.2017).

- WRRl (2000): RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02/DOC_1&format=PDF (abgerufen am 12.05.2017).
- WRRl-Viewer (2017): Hessen, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (Hrsg.), Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (Auftraggeber), Wiesbaden, online verfügbar unter <http://wrrl.hessen.de> (abgerufen am 28.09.2017).
- Zumbroich, T. / Müller, A. / Friedrich, G. (1999): Strukturgüte von Fließgewässern. Grundlagen und Kartierung, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

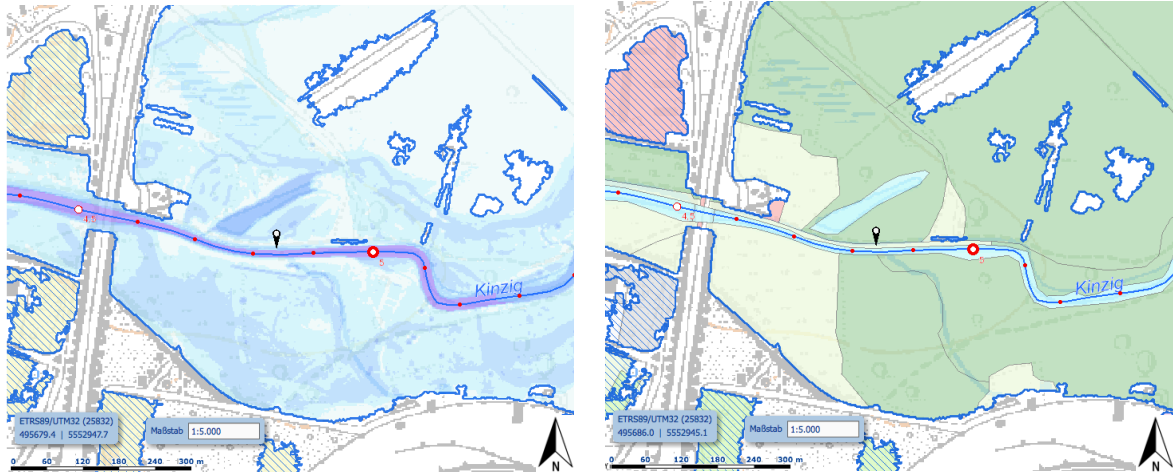
16. Anhang

Anlage 1:	Ausschnitt aus den Gefahren- und Risikokarten für HQ ₁₀₀ und HQ _{extrem} (HWRM-Viewer 2017)	133
Anlage 2:	Legende zu den Gefahren- und Risikokarten (HWRM-Viewer 2017)	134
Anlage 3:	Ergebnisse der Wasserstandsmessungen (obere Grafik) und der Durchflussmessungen (untere Grafik) am Kinzigpegel im Zeitraum vom 13. Juni 2016 bis 15. Juni 2017 (HLNUG 2017)	135
Anlage 4:	Steckbrief für die Fließgewässerlandschaft des Flach- und Hügellandes, Kategorie Auen über 300 m Breite, Unterkategorie Sand-/Kiesauen (Briem 2003, 20 c)	136
Anlage 5:	Untersuchung der Makrozoobenthos aus dem Jahr 2007 (bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)	137
Anlage 6:	Untersuchung der Fischfauna aus dem Jahr 2009 (bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)	141
Anlage 7:	Berechnung der Tiefenvarianz, der Breitenvarianz und der Profiltiefe	144
Anlage 8:	Körnungslinie der Bodenprobe bei km 4,563 der Kinzig (entnommen am 2. Juni 2017)	146
Anlage 9:	Körnungslinie der Bodenprobe bei km 4,900 der Kinzig (entnommen am 2. Juni 2017)	147
Anlage 10:	Übersicht über die Kornfraktionen des Fein- und Grobbodens in Deutschland (Martin 2001, 175)	148
Anlage 11:	Querschnitt der Kinzig auf Höhe des alten Pegelhauses (Jahr 1980) (bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)	149
Anlage 12:	Schematische Darstellung der Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkranlage (Wasserlauf – Stiftung für Gewässerschutz & Wanderfische NRW o.J.)	150
Anlage 13:	Allgemeine Vorgaben bei der Standortwahl einer Ultraschall-Durchflussmessanlage (Quantum Hydrometrie 2011, 23ff. und Morgenschweis 2010, 413ff.)	151
Anlage 14:	Auswertung der ADCP-Messung und Darstellung des aufgenommenen Messprofils der 5. Messung vom 2. August 2017 (bereitgestellt von Herrn Murar, Dezernat 41.2, RPAUF)	153

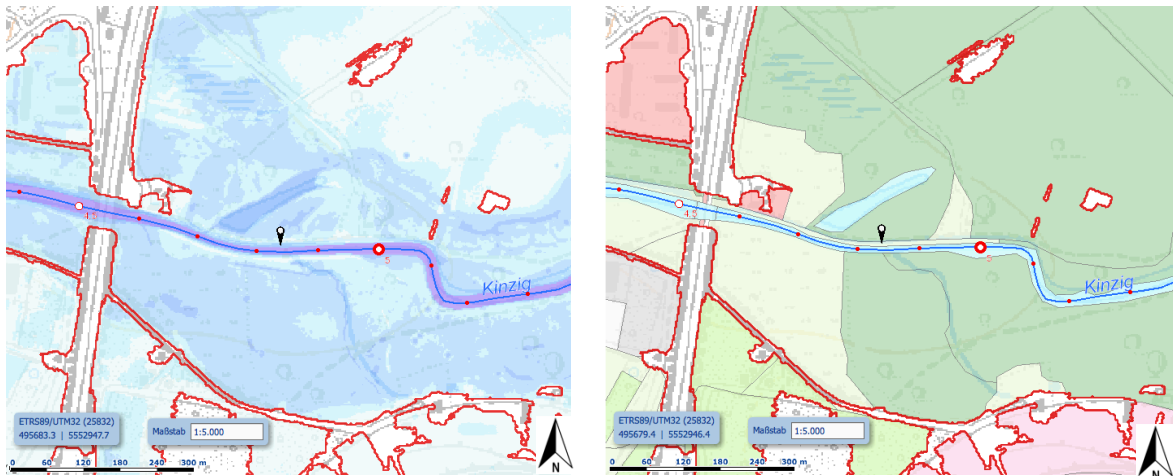
Anlage 15:	Ergebnisse der Fließgeschwindigkeitsmessung bei km 4,650.....	155
Anlage 16:	Ergebnisse der Fließgeschwindigkeitsmessung bei km 4,850.....	156
Anlage 17:	Körnungslinie der Bodenprobe bei km 6,643 der Kinzig (entnommen am 2. Juni 2017)	157
Anlage 18:	Planunterlagen zum Bau der Buhnen im Jahr 2003 (bereitgestellt von Herrn Weidert, Bootshauswart der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau)	158
Anlage 19:	Geländemodell des Planungsgebietes (bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)	160
Anlage 20:	Standfestigkeit der Störsteine bei Hochwasser.....	161
Anlage 21:	Gewässerkundliches Jahrbuch des Kinzigpegels bei Hanau (HLUG 2004) ..	162
Anlage 22:	Abflusskurve der (alten) Pegelanlage (bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)	163
Anlage 23:	Beispielrechnung für die Festlegung der Randbedingung am unteren Modellrand	165
Anlage 24:	Baubeschreibung des ersten Bauabschnittes	166
Anlage 25:	Baubeschreibung des zweiten Bauabschnittes.....	167

Anlage 1: Ausschnitt aus den Gefahren- und Risikokarten für HQ_{100} und HQ_{extrem} (HWRM-Viewer 2017)


Ausschnitt aus der Gefahrenkarte für HQ_{100} (links) und der Risikokarte für HQ_{100} (rechts):






Ausschnitt aus der Gefahrenkarte für HQ_{extrem} (links) und der Risikokarte für HQ_{extrem} (rechts):






Anlage 2: Legende zu den Gefahren- und Risikokarten (HWRM-Viewer 2017)**Grundlagendaten**

-  Gewässer (DLM25)
-  Gewässerstationierung
-  Teileinzugsgebiete
-  Pegel
-  Projektgebiete Gewässer
-  Regionale Zuständigkeit
-  Projektgebiete Teileinzugsgebiete




HQ10 Überschwemmungsgrenzen

-  Kat 0
-  Kat 1 - Hinter Verwallungen
-  Kat 2 - Hinter Schutzeinrichtungen




HQ100 Überschwemmungsgrenzen

-  Kat. 0
-  Kat. 1 - Hinter Verwallungen
-  Kat 2 - Hinter Schutzeinrichtungen






HQextrem Überschwemmungsgrenzen

-  Kat. 0
-  Kat. 1 - Hinter Verwallungen
-  Kat. 2 - Hinter Schutzeinrichtungen







HQ10/100/extrem Wassertiefe [cm]**HQ10/100/extrem Wassertiefe [cm] hinter Verwallungen, etc.**

-  1 - 50 cm
-  51 - 100 cm
-  101 - 200 cm
-  201 - 400 cm
-  über 400 cm

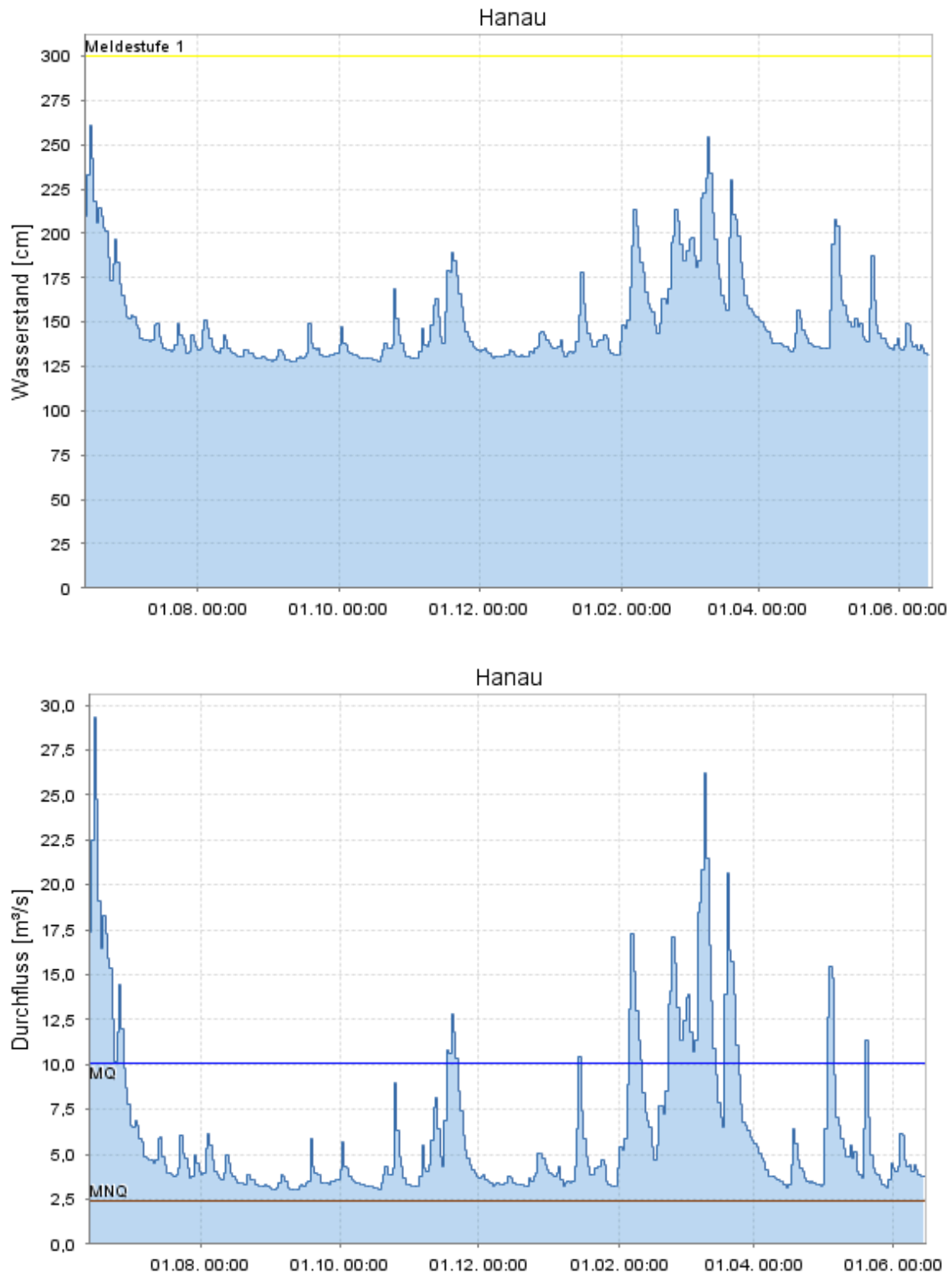
HQ10/100/extrem Wassertiefe [cm] hinter Schutzeinrichtungen

-  1 - 50 cm
-  51 - 100 cm
-  101 - 200 cm
-  201 - 400 cm
-  über 400 cm

HQ10/100/extrem Nutzung

-  Siedlung
-  Kultur und Dienstleistung
-  Industrie
-  Verkehr
-  Grünflächen
-  landwirtschaftliche Nutzfläche
-  Forst
-  Gewässer
-  sonstige Flächen

Anlage 3: Ergebnisse der Wasserstandsmessungen (obere Grafik) und der Durchflussmessungen (untere Grafik) am Kinzigpegel im Zeitraum vom 13. Juni 2016 bis 15. Juni 2017 (HLNUG 2017)



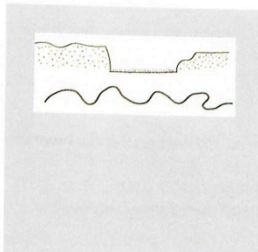
Anlage 4: Steckbrief für die Fließgewässerlandschaft des Flach- und Hügellandes, Kategorie Auen über 300 m Breite, Unterkategorie Sand-/Kiesauen (Briem 2003, 20 c)

3 Gewässer der Sand- / Kiesauen



Kurzbeschreibung: Gewässer in überwiegend sandigen, durchlässigen Substraten mit unterschiedlichen Beimengungen von Fein- und Mittelkiesen, wenig Grob- und Feinmaterial und kastenförmigen, auch gestuften Profilen

Verbreitung: bei den aus den Mittelgebirgen kommenden Gewässern, bei größeren bis weit in die Norddeutsche Tiefebene hinein



Gefälle: bei kleinen u. mittleren 0,5-1,5%, bei größeren weit geringer
Linienführung (SI) / Lauftyp: stark gekrümmt/mäandrierend (SI 1,3->1,5)
Geschiebe: Sande, auch Kiese
Geschiebeführung: gering/mittel, auch hoch bis zur Bildung von Sand- u. Kiesbänken
Gewässerbetten: kastenförmig, eher tief, häufig gestuft, Böden meist in ganzer Breite gleichmäßig mit flachen Sandschwemmfächern bedeckt
Ufer: glatt, steil, oft auch durch Schollenrutschungen gebuchtet
Auensubstrat: sandig, stellenweise anlehmig, flach wellige Oberfläche, durchlässig, bei tiefer eingeschnittenen Betten Trockenstandort, bei hohem Grundwassersstand aber auch vermoort

Anlage 5: Untersuchung der Makrozoobenthos aus dem Jahr 2007 (bereitetgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)

Untersuchung des Makrozoobenthos (MHS - Perloides)



NWB	11072	Kinzig, Messeplatz Hanau			Untersuchungsdatum
DEHE_2478.1					03.05.2007
ID-Gis	Zust. Behörde	Typ MZB Mst.	Typ MZB Gutacht.	Rechtswert	Hochwert
2478_24	RP Darmstadt (Abteilung Umwelt Frankfurt)	09		3494512	5556343
Fischregion Mst.	Fischregion Gutacht.	Struktur (Laufentw./Längsprofil/Querprofil/Sohle/Ufer/Umfeld/Gesamt)			
Barbenregion		- / - / 7 / 7 / 7 / - / 7			

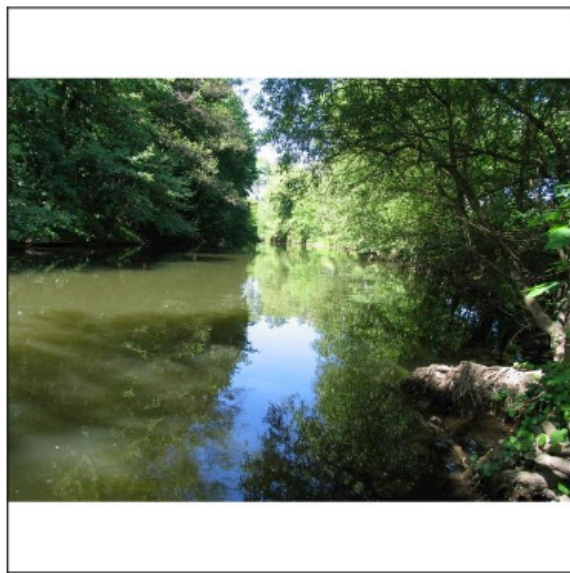
Standortfaktoren

Breite [m]	Tiefe [m]	Strömung	Laufkrümmung	Tiefenvarianz	Breitenvarianz	Beschattung
10,0 - 20,0	1,0 - 2,0		gestreckt	keine	keine	sonnig
Uferverbau (links/rechts)	Sohlverbau	Flächennutzung (links/rechts)	Aufwuchs qualitativ	besied.feind. Faktoren	Verunreinigungen	
--- links --- Steinschüttung --- rechts --- Steinschüttung		--- links --- Bebauung --- rechts --- Park, Grünanlage		ja	Hausmüll; Bauschutt	

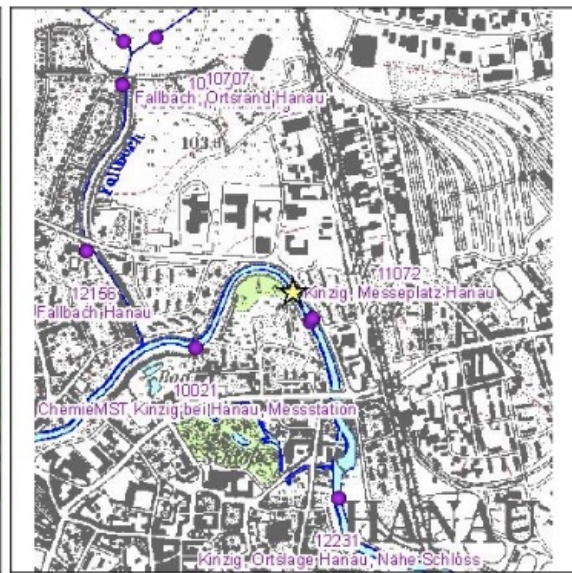
Substrat [%]

Hygropetrische Zone	Felsblöcke	Steine	Kleine Steine/ Schotter	Grobkies	Mittelkies	Sand
			5 %	10 %	15 %	20 %
Lehm/Ton	Ufer-/ Sohlverbau	Algen	Submerse Pflanzen	Emerse Pflanzen	Totholz	Fallaub
5 %	10 %			10 %	5 %	20 %

Foto



Kartenausschnitt



Untersuchung des Makrozoobenthos (MHS - Perloides)

NWB	11072	Kinzig, Messeplatz Hanau	Untersuchungsdatum
DEHE_2478.1			03.05.2007

Untersuchung durch:

Dr. Haas Guido

Anzahl quantitativ sortierter Teilproben:

15 / 30

Anzahl der nachgewiesenen Taxa:	28
Summe Individuen/1,25 m²	1537

ID_ART	Taxon / Name	Ind /
8691	Asellus aquaticus	138
4388	Baetis buceratus	6
4397	Baetis fuscatus	138
4427	Baetis vernalis	88
4481	Brachycentrus subnubilus	24
8851	Bryozoa Gen. sp.	98
4521	Caenis luctuosa	14
4530	Calopteryx splendens	20
4580	Ceraclea dissimilis	6
4643	Chironominae Gen. sp.	244
4877	Cynus trimaculatus	64
5124	Ephemera danica	40
5158	Erpobdella nigricollis	10
5291	Gammarus pulex	10
5292	Gammarus roeselii	54
5332	Gomphus vulgatissimus	3
5588	Hydropsyche angustipennis	4
13023	Hydropsyche pellucidula-Gr.	10
5604	Hydropsyche siltalai	30
5866	Limnodrilus sp.	6
5907	Lumbriculus variegatus	10
6468	Polycentropus flavomaculatus	26
6583	Procladius olivacea	40
5131	Serratella ignita	10
6853	Simulium sp.	12
6870	Sisyrhix sp.	4
6882	Sphaerium corneum	100
8846	Spongillidae Gen. sp.	328

ID_ART	Taxon / Name	Ind /
--------	--------------	-------

Untersuchung des Makrozoobenthos (MHS - Perloides)



NWB	11072	Kinzig, Messeplatz Hanau	Untersuchungsdatum
DEHE_2478.1			03.05.2007

Bewertung des ökologischen Zustands nach PERLODES					
Zustandsklasse	sehr gut	gut	mäßig	unbefried.	schlecht
Allgemeine Degradation	-	-	-	-	0.1
score (Ergebnis)					
German Fauna Index type 09	-	-	-	-	0.0 (-1.114)
Anteil Metarhithral (score Taxa = 100%)	-	-	-	-	0.166 (14.156)
Anteil EPT [% - Häufigkeitsklassen]	-	-	-	0.252 (43.82)	-
EPTCBO (Eph., Ple., Tri., Col., Bivalv.,	-	-	-	0.214 (16.0)	-
Organische Verschmutzung	-	-	2.2	-	-
Versauerung	-	-	-	-	-
Gesamtbewertung	-	-	-	-	5

Ergebnis der Bewertung ist ...**Allgemeine Degradation:** sicher**Summe Häufigkeitsklassen:** 44**Organische Verschmutzung:** sicher**Summe Häufigkeitsklassen:** 69**Versauerung** sicher**Gesamtbewertung:** gesichert**Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse:**

Auf Grund einer nachträglichen Überarbeitung des Bewertungssystems Perloides ergibt sich eine Abweichung der Bewertung des ökologischen Zustandes. Im Originalgutachten wird der ökologische Zustand mit "schlecht" (5) bewertet. Daher stimmt der Inhalt der aus dem Originalgutachten übernommenen Bewertung und Diskussion nicht mehr mit der mittels BioFlige errechneten Ökologischen Zustandsklasse überein.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Der gestaute Abschnitt der Kinzig in Hanau auf Höhe des Messeplatzes wird relativ artenarm von 28 Taxa des Makrozoobenthos besiedelt (insgesamt 1537 Tiere). Es können 16 EPTCBO-Taxa nachgewiesen werden, insgesamt sechs Ephemeroptera- sowie sieben Trichoptera-Taxa. Es sind Oligochaeta-Taxa, Egel-Arten und zahlreiche die Wasserrassel nachweisbar.

Neueinwanderer sind nicht nachweisbar. Entsprechend dem für den Kinzig-Abschnitt gültigen Gewässer-Typ 9 („Silikatische, grob- bis feinmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse“), erfüllt die Kinzig in faunistischer Sicht (i.e.S. „German Fauna Index type 9“) eine „schlechte“ Qualität (Score = 0). Die Anteile EPT-Taxa sowie EPT-CBO-Arten werden mit „unbefriedigend“ eingestuft (Scores = 0,25 bzw. 0,21). Die Zönose charakterisiert diesen Abschnitt hinsichtlich der saprobiellen Qualität als „mäßig“ (Score = 2,20). Der Anteil rheophiler und rheobionter Benthos-Arten liegt niedrig bei

Untersuchung des Makrozoobenthos (MHS - Perloides)

NWB	11072	Kinzig, Messeplatz Hanau	Untersuchungsdatum
DEHE_2478.1			03.05.2007

21,8 bzw. 1,9 %, wohingegen limno- bis rheophile Benthos-Arten predominant sind (39,3 %-Anteil).

Zusammenfassend weist der Kinzig-Abschnitt eine degradierte Gewässerfauna auf, die auf eine kritische Belastung hinweist. Zusammen mit einer anthropogen überformten, naturfernen Gewässer- und Uferstruktur kommt der Abschnitt über eine „schlechte“ Bewertung nicht hinaus. Die eigene Bewertung stimmt mit der Software-Auswertung Perloides überein und bewertet diesen Abschnitt mit „schlecht“.

Diskussion der Ergebnisse und abschließende Bewertung:

Drei der vier Metrics zur Ermittlung des Stressors „Allgemeine Degradation“ gehen mit „unbefriedigend“ bewertet in die Beurteilung ein. Der Stressor „Organische Verschmutzung“ (saprobielle Qualität) wird mit „mäßig“ bewertet (Score = 2,20). Bezüglich beider Stressoren „Allgemeine Degradation“ und „Organische Verschmutzung“ bestehen demnach Handlungsbedarfe: es werden die Vorgaben nach EU-WRRL deutlich verfehlt.

Gesamtbewertung	PERLODES	Gutachter
Ökologische Zustandsklasse	5	5 (schlecht)

Anlage 6: Untersuchung der Fischfauna aus dem Jahr 2009 (bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)

Untersuchung der Fischfauna (FiBs)



NWB	11072	Kinzig, Messeplatz Hanau			Untersuchungsdatum
DEHE_2478.1					20.10.2009
ID-Gis	Zust. Behörde	Referenz Mst.	Referenz Gutacht.	Rechtswert	Hochwert
2478_24	RP Darmstadt (Abteilung Umwelt Frankfurt)	9 B	9 B	3494512	5556343
Fischregion Mst.	Fischregion Gutacht.	Struktur (Laufentw./Längsprofil/Querprofil/Sohle/Ufer/Umfeld/Gesamt)			
Barbenregion	Barbenregion	7 / 7 / 6 / 4 / 5 / 6 / 6			

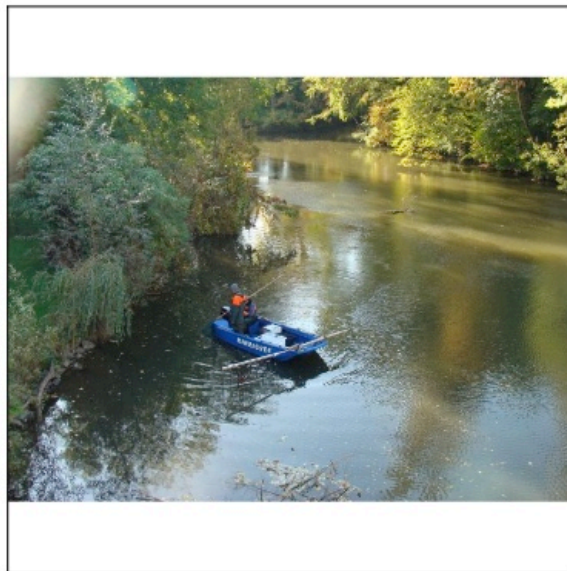
Standortfaktoren

Breite [m]	Tiefe [m]	Strömung	Laufkrümmung	Tiefenvarianz	Breitenvarianz	Beschattung
5,0 - 10,0	1,0 - 2,0	ruhig fließend	mäßig geschwungen	gering	gering	absonnig
Uferverbau (links/rechts)	Sohlverbau	Flächennutzung (links/rechts)		Aufwuchs qualitativ	besied.feind. Faktoren	Verunreinigungen
--- links --- keine --- rechts --- keine	keine	--- links --- Bebauung --- rechts --- Bebauung		ohne	ja	Hausmüll

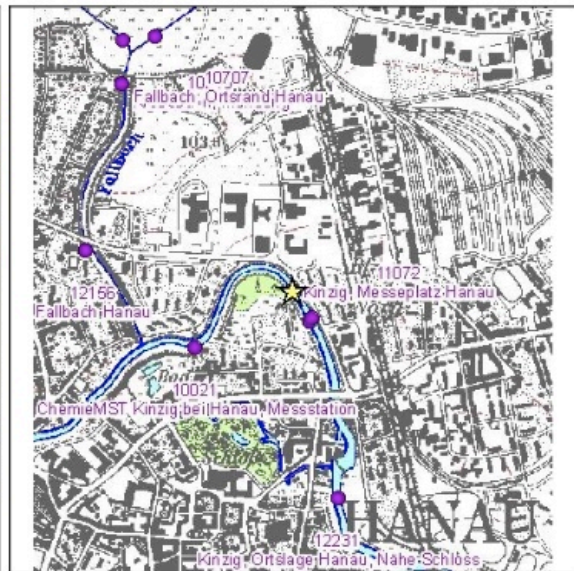
Substrat [%]

Baumwurzeln	Felsblöcke	Steine	Kleine Steine/ Schotter	Grobkies	Mittelkies	Sand
		15 %	20 %	20 %	10 %	5 %
Lehm/Ton	Algen	Submerse Pflanzen	Emerse Pflanzen	Totholz	Fallaub	Schlamm
						30 %

Foto



Kartenausschnitt



Untersuchung der Fischfauna (FiBs)



NWB	11072	Kinzig, Messeplatz Hanau	Untersuchungsdatum
DEHE_2478.1			20.10.2009

Untersuchung durch: Ökobüro Gelnhausen

Anzahl der befischten Strecken (à 100m): 5

Untersuchung über die gesamte Breite des ja

Art der Befischung: Boot

Benutzte Geräte: EFGI 4000

Referenz & Fangergebnis:

Fischart	Referenz (9 B)	Fangzahl	davon 0+
Brachse, Blei	0.1	1	0
Rotaugen, Plötze	3.8	1	1
Hecht	0.1	7	0
Barsch, Flussbarsch	0.1	16	3
Karpfen		1	0
Aal	0.1	3	0
Gesamtzahl (Richtwert)		29	4

Ist die nachgewiesene Gesamtindividuumdichte aufgrund anthropogener Veränderungen stark verringert: hier ohne Relevanz

Untersuchung der Fischfauna (FiBs)



NWB	11072	Kinzig, Messeplatz Hanau	Untersuchungsdatum
DEHE_2478.1			20.10.2009

Qualitätsmerkmale und Parameter	FiBs
(1) Arten- und Gildeninventar:	1,33
(2) Artenabundanz und Gildenverteilung:	1,00
(3) Altersstruktur (Reproduktion):	1,00
(4) Migration:	1,00
(5) Fischregion:	1,00
(6) Dominante Arten:	1,00
Gesamtbewertung FiBs - in Worten	1,08 schlecht

Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse:

Die während der Probenahme gewonnenen Eindrücke bestätigen die Einstufung der HLUG und das durch Anwendung von FiBs erhaltene Ergebnis. Insgesamt war die Individuendichte sehr gering, was u.a. auf den späten Befischungstermin zurückzuführen ist. Das Ergebnis der Untersuchung zeigt den negativen Einfluss des unterhalb der Probestrecke gelegenen Wehres und der damit verbundenen Stauwirkung. Hinzu kommt, dass sich oberhalb ein weiteres Wehr befindet. Es besteht Handlungsbedarf, allerdings sind die Möglichkeiten zur Umsetzung von strukturverbessernden Maßnahmen im Stadtgebiet Hanau sehr begrenzt. Generell ist bei Gewässern dieser Größenordnung eine einmalige Elektrobefischung im Spätherbst wenig aussagekräftig. Zusätzliche Elektrobefischungen zu verschiedenen Jahreszeiten sowie Netzbefischungen (z.B. gezielte Jungfischuntersuchung) und die Berücksichtigung von Fang- und Besatzstatistiken können ein genaueres Bild über den tatsächlich vorhandenen Fischbestand liefern.

Gesamtbewertung	FiBs	Gutachter
Ökologische Zustandsklasse	5	

Anlage 7: Berechnung der Tiefenvarianz, der Breitenvarianz und der Profiltiefe

Die Werte, die in den nachfolgenden Berechnungen genutzt werden, sind den Vermessungsdaten vom 27. Januar 2004 entnommen (abgespeichert auf der beigelegten CD, bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF).

Für die Berechnung der **Tiefenvarianz** wird der Wasserstand an mehreren Stellen berechnet. Hierfür wird die Geländehöhe der Sohle (tiefster Punkt) von der Geländehöhe des Wasserstandes subtrahiert. Die Breite des jeweiligen Querprofils bleibt dabei unberücksichtigt (vgl. LANUV NRW 2010, 53). Tabelle 24 stellt die Ergebnisse der Wasserstandsberechnung dar.

Tabelle 24: Berechnung des Wasserstandes (vgl. Land Hessen 2004)

Lage des Querprofils	Geländehöhe der Sohle (tiefster Punkt)	Geländehöhe des Wasserstands	Wasserstand
[km]	[m ü. NN]	[m ü. NN]	[m]
4,610	100,76	105,00	4,24
4,654	101,09	104,97	3,88
4,811	100,92	105,23	4,31
4,976	101,11	105,41	4,30

Es liegt somit geringe Tiefenvarianz vor, da die Wassertiefe über den Abschnitt „vereinzelt deutliche, aber insgesamt nur geringe örtliche Unterschiede“ (LAWA 1999, 81) aufweist.

Für die Ermittlung der **Breitenvarianz** wird die Gewässerbettbreite „zwischen den beiden Böschungsoberkanten“ (LAWA 1999, 94) an mehreren Querprofilen gemessen. Tabelle 25 stellt die berechneten Breiten dar.

Tabelle 25: Bestimmung der Breite (vgl. Land Hessen 2004)

Lage des Querprofils	Position der Böschungsoberkante		Breite
	linksseitig	rechtsseitig	
[km]	[m]	[m]	[m]
4,610	285,53	315,72	30,19
4,654	264,82	296,45	31,63
4,811	246,34	273,42	27,08
4,976	91,54	116,97	25,43

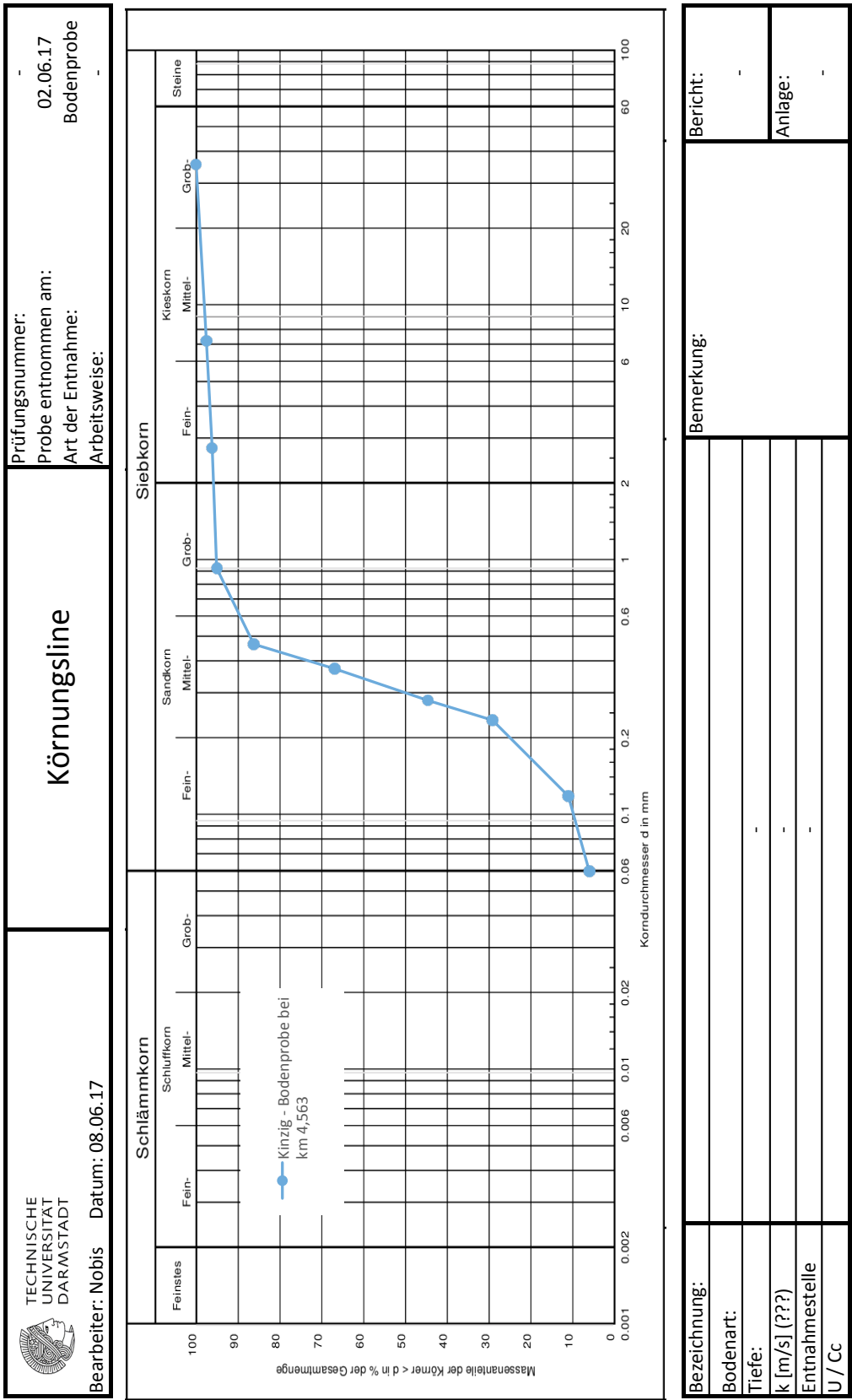
Es liegt folglich eine geringe Breitenvarianz vor, da die „Gewässerbettbreite [...] vereinzelt deutliche, aber insgesamt nur geringe örtliche Unterschiede“ (LAWA 1999, 97) aufweist.

Der Begriff **Profiltiefe** zielt auf das Verhältnis zwischen Tiefe und Breite des Fließgewässers ab, also „die Höhendifferenz zwischen Sohle und Böschungsoberkante [= Tiefe] im Verhältnis zur Breite des Gewässers an der Böschungsoberkante“ (LANUV NRW 2010, 74). Die Breite der Kinzig wurde bereits in Tabelle 25 ermittelt. Für die Geländehöhe der Böschungsoberkante (BOK) wird der gemittelte Wert beider Seiten verwendet, für die maßgebende Geländehöhe der tiefste Punkt der Sohle. Die einzelnen Werte sowie die sich daraus ergebende Profiltiefe ist in Tabelle 26 dargestellt. Sie wird als mäßig tief/mäßig flach (1:4 bis 1:6) bis flach (1:6 bis 1:10) eingestuft (vgl. LAWA 1999, 89).

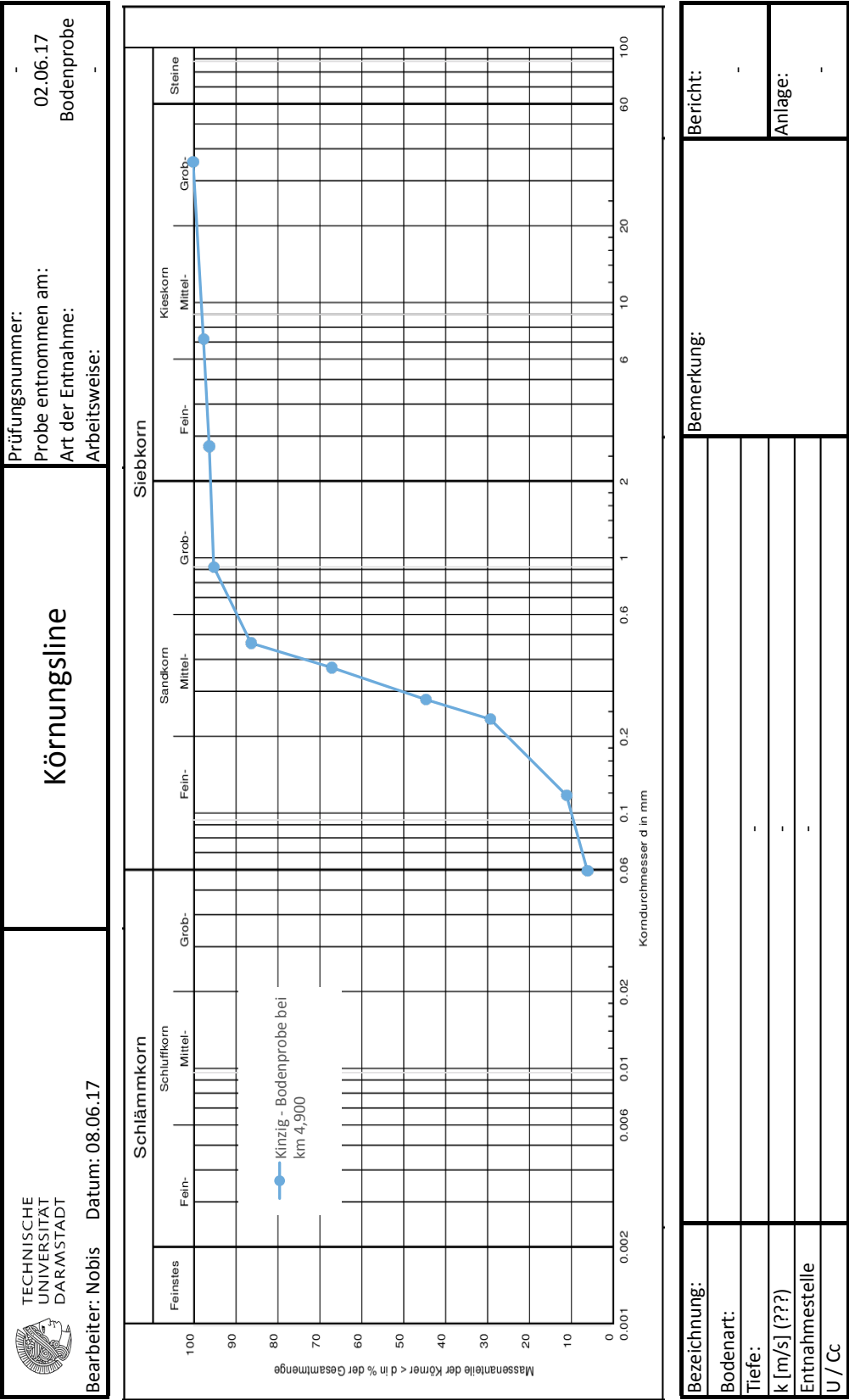
Tabelle 26: Ermittlung der Profiltiefe (vgl. Land Hessen 2004)

Lage des Querprofils	Geländehöhe der Sohle	Geländehöhe der BOK			Tiefe	Breite	Profiltiefe
		links-seitig	rechts-seitig	gemittelt			
[km]	[m ü. NN]	[m ü. NN]	[m ü. NN]	[m ü. NN]	[m]	[m]	
4,610	100,76	103,84	103,84	103,84	3,08	30,19	1:9,8
4,654	101,09	105,11	105,14	105,13	4,04	31,63	1:7,8
4,811	100,92	105,68	105,39	105,54	4,61	27,08	1:5,8
4,976	101,11	105,85	105,61	105,73	4,62	25,43	1:5,5

Anlage 8: Körnungslinie der Bodenprobe bei km 4,563 der Kinzig (entnommen am 2. Juni 2017)



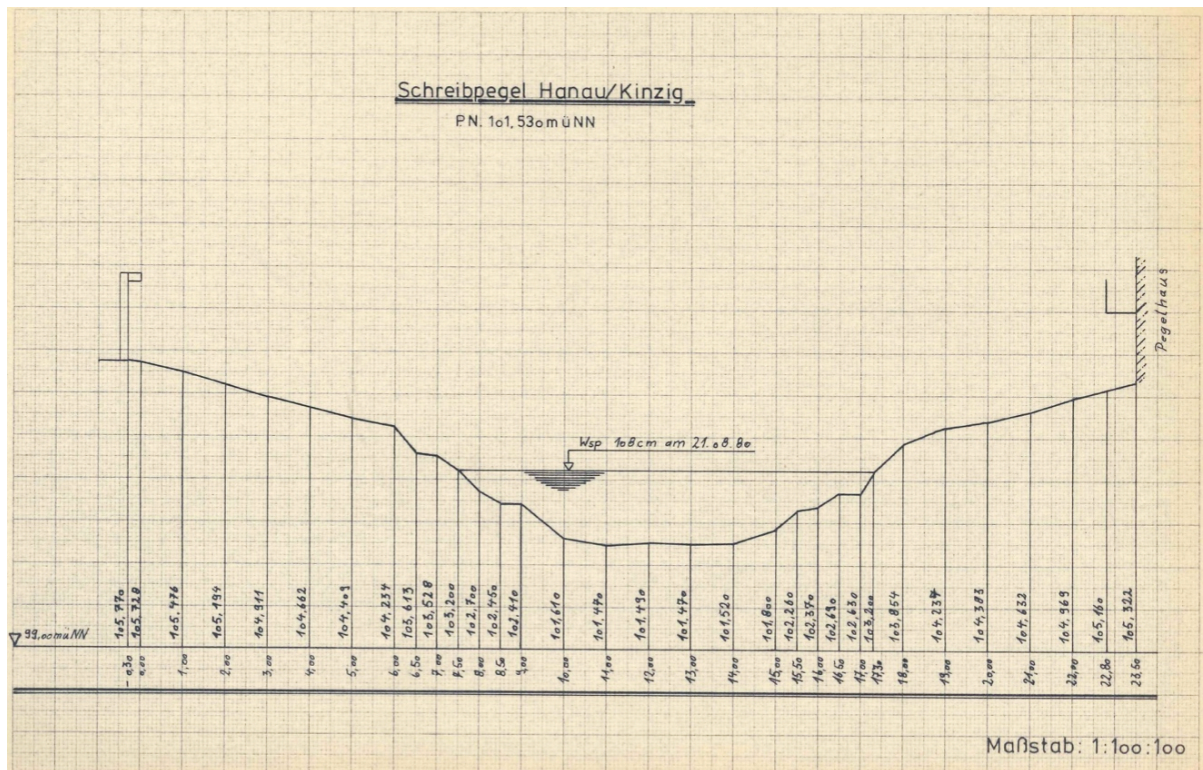
Anlage 9: Körnungslinie der Bodenprobe bei km 4,900 der Kinzig (entnommen am 2. Juni 2017)



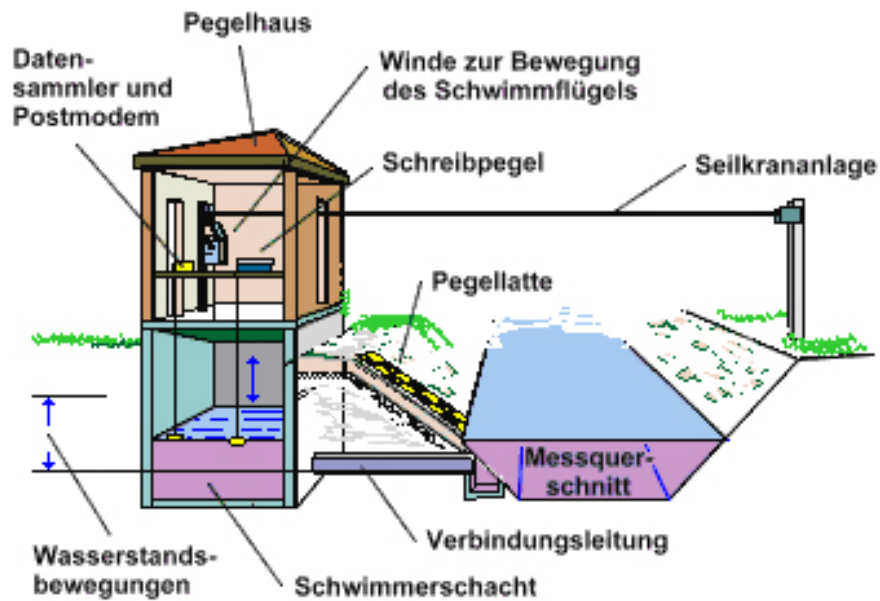
Anlage 10: Übersicht über die Kornfraktionen des Fein- und Grobbodens in Deutschland (Martin 2001, 175)

Äquivalentdurchmesser [mm]	Benennung	Hauptfraktion	Fraktionsgruppe
≤ 0,0002 0,0002 – 0,00063 0,00063 – 0,002	Feinton Mittelton Grobton	Ton	Feinboden
0,002 – 0,0063 0,0063 – 0,02 0,02 – 0,063	Feinschluff Mittelschluff Grobschluff	Schluff	
0,063 – 0,2 0,2 – 0,63 0,63 – 2,0	Feinsand Mittelsand Grobsand	Sand	
2,0 – 6,3 6,3 – 20 20 – 63	Feinkies Mittelkies Grobkies	Kies (Grus)	Feinskelett
63 – 200 200 – 630 > 630	Steine Blöcke Großblöcke		Grobskelett

**Anlage 11: Querschnitt der Kinzig auf Höhe des alten Pegelhauses (Jahr 1980)
(bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)**



Anlage 12: Schematische Darstellung der Pegelanlage mit Pegelhaus und Seilkrananlage (Wasserlauf – Stiftung für Gewässerschutz & Wanderfische NRW o.J.)



Anlage 13: Allgemeine Vorgaben bei der Standortwahl einer Ultraschall-Durchflussmessanlage (Quantum Hydrometrie 2011, 23ff. und Morgenschweis 2010, 413ff.)

	Kriterium	Bedingung
hydraulisch	Anströmung	optimal: <ul style="list-style-type: none"> gerader Verlauf des Gewässers in einem Bereich der 5 bis 10-fachen Gewässerbreite oberhalb und der 1 bis 2-fachen Gewässerbreite unterhalb der Messstelle alternativ: <ul style="list-style-type: none"> Kreuzpfahlanordnung bei mäandrierenden Abschnitten
	Gestaute und rückgestaute Bereiche	problemlos
	Wasserstand	Gewährleistung der herstellerabhängigen Mindestüberdeckung des Wandlers
	Geschwindigkeitsverteilung	keine überwiegenden Rückströmungszonen
	Windeinfluss	vernachlässigbar
morphologisch	Gewässersohle	stabile Ausbildung, keine Ablagerungen und Auskolkungen
	Ufer	definierte Form, stabile Ausbildung, Vorländer mit flacher Neigung müssen an der Abflussbildung teilnehmen
	Messpfad	keine Steine oder andere Hindernisse, keine Krautfahnen, keine Vegetation
	Lage oberhalb von Staustufen	Entfernung des 3 bis 4-fachen Wertes der Staustufe
physikalisch	Temperaturgradient	Faustregel: keine Temperaturgradienten von 0,4 K/m Wassertiefe, Messstelle nicht unterhalb von Kühlwassereinläufen und Altarmzuflüssen anordnen
	Salzgradient	nur in Küstenbereichen problematisch (Hersteller kontaktieren)
	Luftblasen	Messstelle um das 5 bis 10-fache der Gewässerbreite unterhalb von Wehranlagen anordnen; Wasser sollte länger als 10 Minuten von der Störstelle bis zum Messpfad fließen
	Schwebstoffe	abhängig von der Größenverteilung der Schwebstoffpartikel und von der akustischen Frequenz des Messsystems; ab 10 g/l Hersteller kontaktieren (entscheidet über die zu verwendete Frequenz)

praktisch bzw. logistisch	Zugang zur Messstelle	guter Zugang, auch für schwere Maschinen
	Energieversorgung	optimal: Energieversorgung mit 220 V alternativ: Solarenergie 12 bzw. 24 V
	Datenübertragung	optimal: Festnetzanschluss alternativ: Funkmodem
	Kabelführung	am Ufer: <ul style="list-style-type: none"> • in Schutzrohren in Kabelgräben Gewässerüberquerung: <ul style="list-style-type: none"> • vorhandene Brücken nutzen oder Kabel in Gewässersohle einspülen Gewässerüberquerung nicht möglich: <ul style="list-style-type: none"> • Responderanlage (Aufstellungsmöglichkeit am Gegenufer prüfen)
	Eignung für Vergleichsmessungen mit anderen Verfahren	mit hydrometrischen Flügeln oder Sonden: <ul style="list-style-type: none"> • Brücke in der Nähe? • Freies Profil? bei ADCP-Messungen: <ul style="list-style-type: none"> • Wo kann das Messboot ins Wasser gelassen werden?

Anlage 14: Auswertung der ADCP-Messung und Darstellung des aufgenommenen Messprofils der 5. Messung vom 2. August 2017 (bereitgestellt von Herrn Murar, Dezernat 41.2, RPAUF)

Station Number: 2478 4260

Meas. No: 55

Station Name: Hanau Lamboy / Kinzig

Date: 08/02/2017

Party: Habermehl, Murar	Width: 28.3 m	Processed by: RPU Frankfurt	
Boat/Motor: ADCP Nidda	Area: 27.7 m²	Mean Velocity: 0.402 m/s	
Gage Height: 0.960 m	G.H.Change: 0.000 m	Discharge: 11.1 m³/s	

Area Method: Avg. Course	ADCP Depth: 0.060 m	Index Vel.: 0.00 m/s	Rating No.: 1
Nav. Method: Bottom Track	Shore Ens.:10	Adj.Mean Vel: 0.00 m/s	Qm Rating: n
MagVar Method: Keine (0.0°)	Bottom Est: Power (0.1667)	Rated Area: 0.000 m²	Diff.: 0.000%
Depth: Composite	Top Est: Power (0.1667)	Control1: nicht spezifiziert	
Discharge Method: None		Control2: nicht spezifiziert	
% Correction: 0.00		Control3: nicht spezifiziert	

Screening Thresholds:	ADCP:		
BT 3-Beam Solution: YES	Max. Vel.: 1.12 m/s	Type/Freq.: StreamPro / 2000 kHz	
WT 3-Beam Solution: YES	Max. Depth: 2.07 m	Serial #: 385	Firmware: 31.13
BT Error Vel.: 0.10 m/s	Mean Depth: 0.978 m	Bin Size: 7 cm	Blank: 50 cm
WT Error Vel.: 0.32 m/s	% Meas.: 68.47	BT Mode: 0	BT Pings: 1
BT Up Vel.: 0.30 m/s	Water Temp.: None	WT Mode: 12	WT Pings: 6
WT Up Vel.: 0.80 m/s	ADCP Temp.: 19.9 °C		
Use Weighted Mean Depth: YES			

Performed Diag. Test: NO

Project Name: Hanau-2017-08-02-W96-B8.m

Performed Moving Bed Test: NO

Software: 2.15

Performed Compass Calibration: NO Evaluation: NO

Meas. Location: Brücke B8

Tr.#		Edge Distance		#Ens.	Discharge						Width	Area	Time		Mean Vel.		% Bad	
		L	R		Top	Middle	Bottom	Left	Right	Total			Start	End	Boat	Water	Ens.	Bins
003	L	3.00	2.20	115	1.52	7.64	1.79	0.118	0.131	11.2	28.0	27.1	07:27	07:29	0.19	0.41	3	2
004	R	3.00	2.20	113	1.52	7.58	1.70	0.107	0.094	11.0	29.0	28.4	07:30	07:32	0.19	0.39	3	1
005	L	3.00	2.20	111	1.51	7.58	1.72	0.125	0.135	11.1	28.4	28.0	07:32	07:34	0.20	0.40	1	1
006	R	3.00	2.20	114	1.51	7.64	1.70	0.120	0.143	11.1	28.2	27.4	07:35	07:37	0.18	0.41	4	1
007	L	3.00	2.20	105	1.55	7.65	1.79	0.136	0.120	11.2	28.0	27.5	07:38	07:40	0.19	0.41	1	1
Mean		3.00	2.20	111	1.52	7.62	1.74	0.121	0.125	11.1	28.3	27.7	Total	00:12	0.19	0.40	2	1
SDev		0.00	0.00	4	0.015	0.035	0.046	0.011	0.019	0.100	0.4	0.5			0.01	0.01		
SD/M		0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.03	0.09	0.15	0.01	0.01	0.02			0.03	0.03		

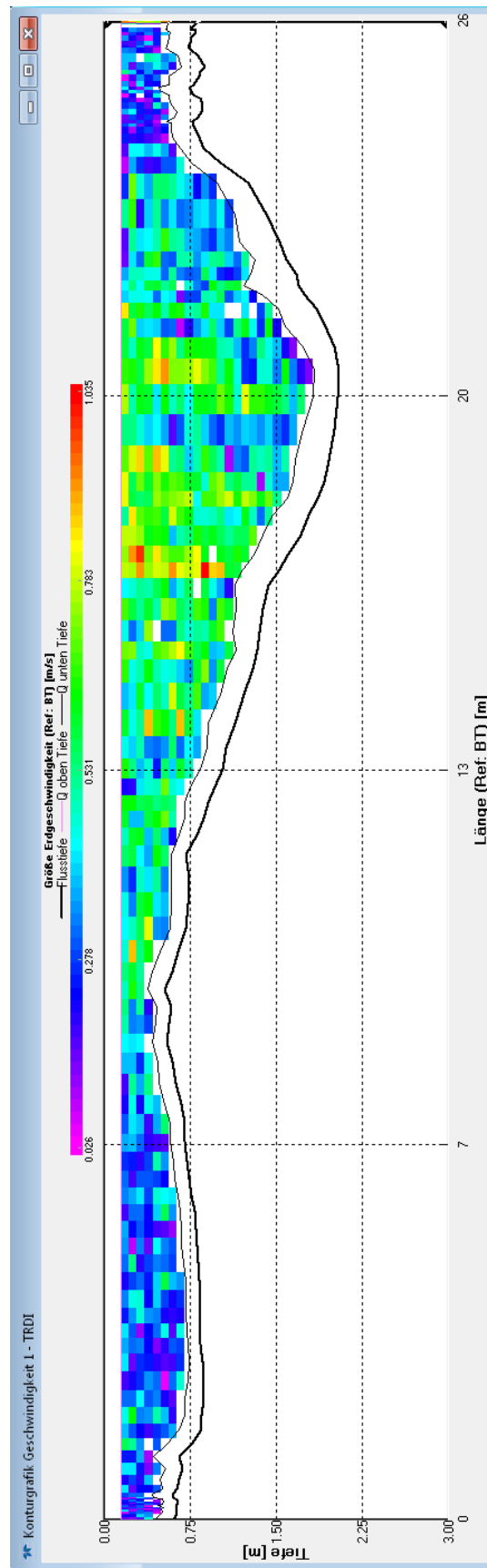
Remarks: LT= 20,1 °C

Hanau alt W= 182cm

Durchflussmessung am Pegel Hanau Lamboy

Datum: 02.08.2017 Wasserstand am Pegel: 96cm

Messfahrt Nr. 5



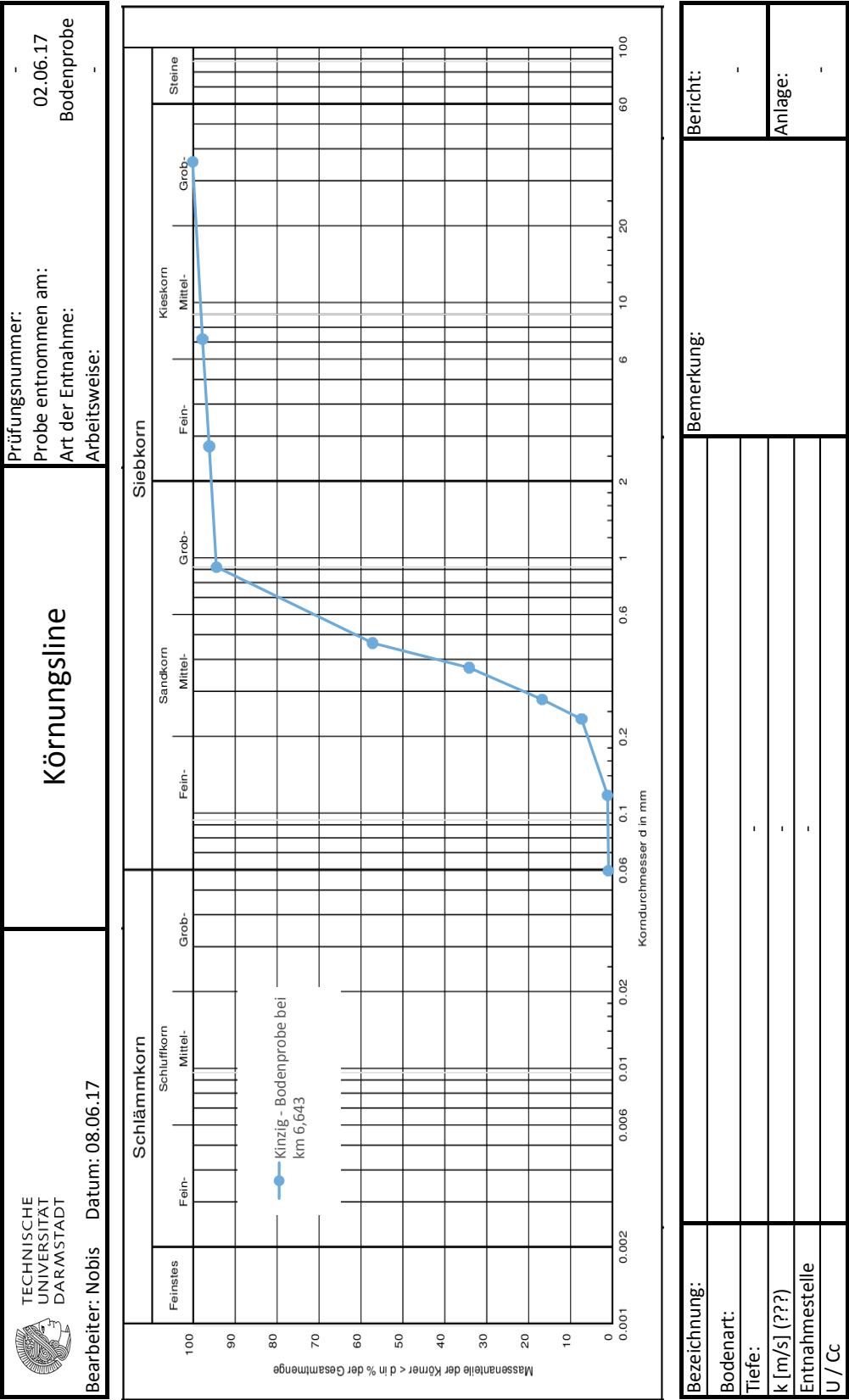
Anlage 15: Ergebnisse der Fließgeschwindigkeitsmessung bei km 4,650

		Messlot 1	Messlot 2	Messlot 3
Wasserstand		64,0 cm	59,0 cm	63,0 cm
Messpunkt 1		59,0 cm	54,0 cm	58,0 cm
Messpunkt 2		32,0 cm	29,5 cm	31,5 cm
Messpunkt 3		5,0 cm	5,0 cm	5,0 cm
Messpunkt 1	Messung 1	0,670 m/s	0,698 m/s	0,631 m/s
	Messung 2	0,672 m/s	0,704 m/s	0,600 m/s
	Messung 3	0,669 m/s	0,696 m/s	0,589 m/s
	Mittelwert	0,670 m/s	0,699 m/s	0,607 m/s
Messpunkt 2	Messung 1	0,657 m/s	0,708 m/s	0,654 m/s
	Messung 2	0,670 m/s	0,699 m/s	0,672 m/s
	Messung 3	0,688 m/s	0,695 m/s	0,688 m/s
	Mittelwert	0,672 m/s	0,701 m/s	0,671 m/s
Messpunkt 3	Messung 1	0,393 m/s	0,551 m/s	0,271 m/s
	Messung 2	0,356 m/s	0,522 m/s	0,232 m/s
	Messung 3	0,406 m/s	0,529 m/s	0,232 m/s
	Mittelwert	0,385 m/s	0,534 m/s	0,245 m/s

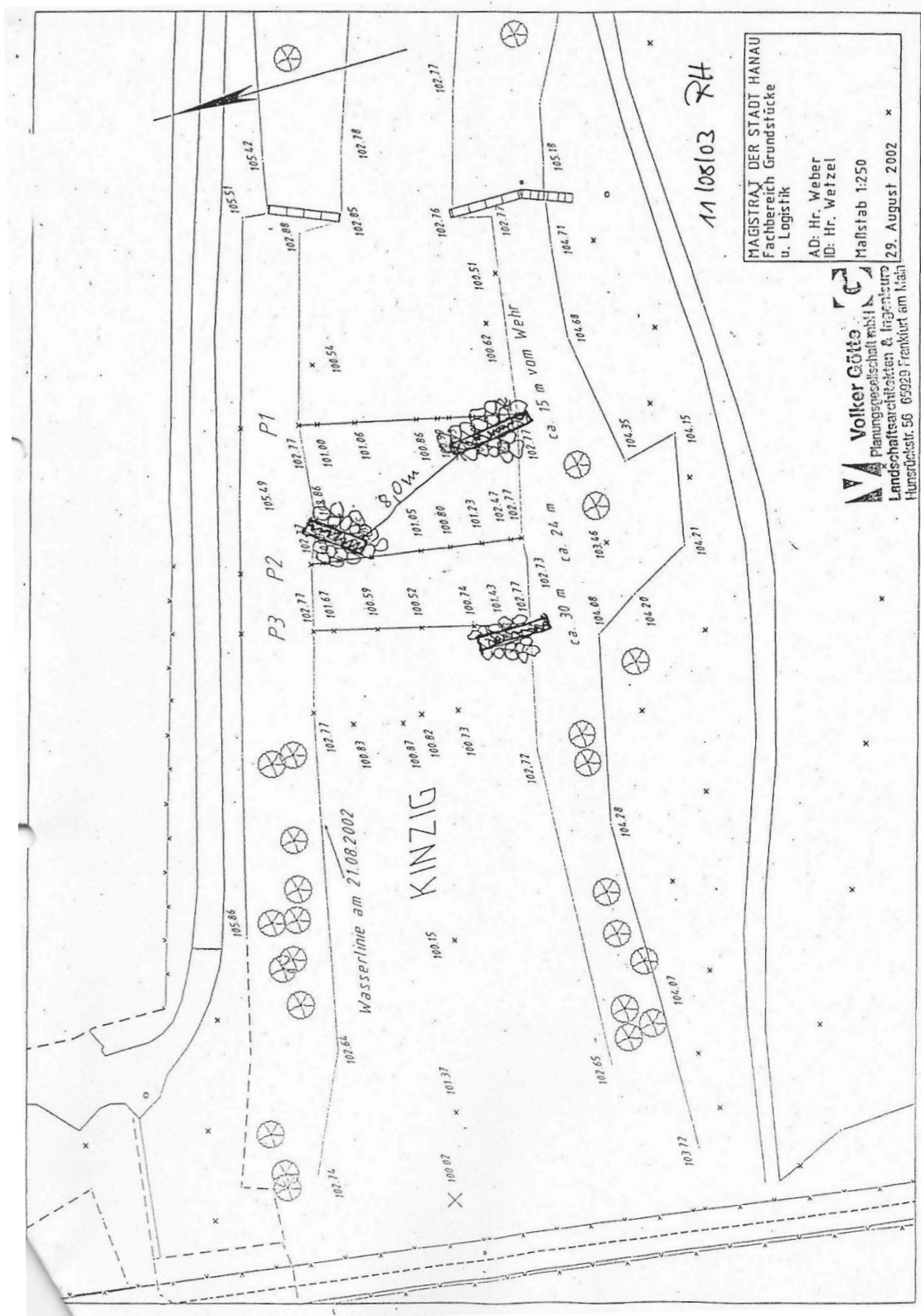
Anlage 16: Ergebnisse der Fließgeschwindigkeitsmessung bei km 4,850

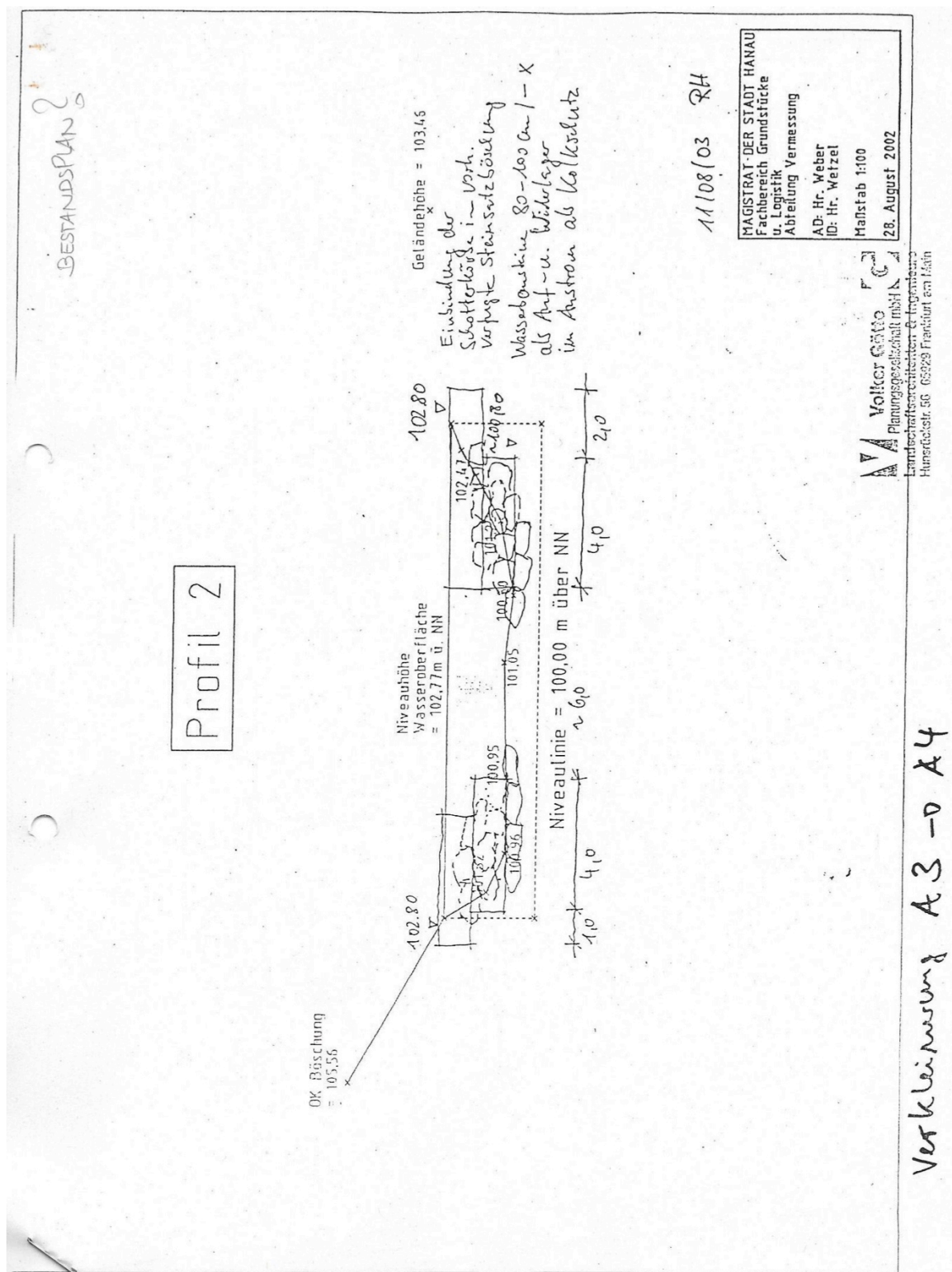
		Messlot 1	Messlot 2	Messlot 3
Wasserstand		55,0 cm	120,0 cm	53,0 cm
Messpunkt 1		50,0 cm	115,0 cm	48,0 cm
Messpunkt 2		27,5 cm	60,0 cm	26,5 cm
Messpunkt 3		5,0 cm	5,0 cm	5,0 cm
Messpunkt 1	Messung 1	0,203 m/s	0,358 m/s	0,223 m/s
	Messung 2	0,220 m/s	0,345 m/s	0,216 m/s
	Messung 3	0,216 m/s	0,343 m/s	0,209 m/s
	Mittelwert	0,213 m/s	0,349 m/s	0,216 m/s
Messpunkt 2	Messung 1	0,333 m/s	0,360 m/s	0,339 m/s
	Messung 2	0,320 m/s	0,354 m/s	0,332 m/s
	Messung 3	0,328 m/s	0,373 m/s	0,328 m/s
	Mittelwert	0,327 m/s	0,362 m/s	0,333 m/s
Messpunkt 3	Messung 1	0,027 m/s	0,150 m/s	0,021 m/s
	Messung 2	0,021 m/s	0,133 m/s	0,026 m/s
	Messung 3	0,019 m/s	0,373 m/s	0,031 m/s
	Mittelwert	0,022 m/s	0,219 m/s	0,026 m/s

Anlage 17: Körnungslinie der Bodenprobe bei km 6,643 der Kinzig (entnommen am 2. Juni 2017)



Anlage 18: Planunterlagen zum Bau der Buhnen im Jahr 2003 (bereitgestellt von Herrn Weidert, Bootshauswart der Ski- und Kanugesellschaft 1925 e.V. Hanau)





Anlage 19: Geländemodell des Planungsgebietes (bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)



Anlage 20: Standfestigkeit der Störsteine bei Hochwasser

Im Nachfolgenden wird der benötigte Minstdurchmesser für die Standfestigkeit der Störsteine bei Hochwasserereignissen berechnet (siehe Kapitel 8.3., Seite 80). Der Nachweis ist wichtig, um einen Transport der Steine bei Hochwasser und mögliche negative Folgen, wie Querschnittseinengungen, flussabwärts zu verhindern. Er wird für den kleinsten ausgebildeten Querschnitt (km 5,150; Bauabschnitt 2) bei bordvollem Abfluss durchgeführt.

Folgende Parameter sind für die folgenden Rechnungen relevant:

A:	Querschnittsfläche [m ²]	→ A = 80,33 m ²
I _U :	benetzter Umfang [m]	→ I _U = 27,65 m
r _{hy} :	hydraulischer Radius [m]	→ r _{hy} = A/I _U = 2,91 m
I _{So} :	Sohlliniengefälle [-]	→ I _{So} = 0,0005 m/m
ρ _w :	Dichte des Wassers [kg/m ³]	→ ρ _w = 1000 kg/m ³
ρ _s :	Dichte der Steine [kg/m ³]	→ ρ _s = 2300 kg/m ³ (Annahme)
g:	Erdbeschleunigung [m/s ²]	→ g = 9,81 m/s ²
Fr*:	Feststoff-Froude-Zahl [-]	→ Fr* = 0,01 (Annahme)

Mit den bekannten Werten wird zuerst die Sohlschubspannung τ₀ [N/m²] berechnet:

$$\begin{aligned}
 \tau_0 &= \rho_w \times g \times r_{hy} \times I_{So} \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2,91 \text{ m} \times 0,0005 \\
 &= 14,27 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

Anschließend wird der erforderliche Steindurchmesser d_s [m] ermittelt:

$$\begin{aligned}
 d_s &= \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho_w) \times g \times Fr^*} \\
 &= \frac{14,27 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\left(2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,01} \\
 &= 0,1119 \text{ m} \\
 &= 11,19 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Die Störsteine müssen folglich einen Durchmesser von mindestens 11,19 cm besitzen.

Anlage 21: Gewässerkundliches Jahrbuch des Kinzigpegels bei Hanau (HLUG 2004)

Abflüsse Rheingebiet, Teil II, Main 2004

A_{Eo} : 921 km²

PNP : NN + 101.53 m

Lage: 5.0 km oberhalb der Mündung, rechts



Pegel : Hanau

Nr. 24784259

Gewässer : Kinzig

Gebiet : Unterer Main

	Tag	2003		2004													
		Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
Tageswerte	1.	4.72	4.07	6.06	12.1	5.01	5.35	5.11	5.28	3.16	3.00	11.9	4.70	5.87	10.5		
	2.	4.60	4.02	5.32	27.7	5.26	5.11	7.72	5.02	3.22	2.92	6.97	4.38	4.67	8.69		
	3.	4.35	4.08	4.66	32.0	5.88	4.90	5.81	4.97	4.22	2.88	5.26	4.12	3.96	8.26		
	4.	5.49	4.15	4.49	29.4	5.61	4.71	4.86	4.79	4.17	2.90	4.60	4.00	3.79	7.97		
	5.	4.61	4.14	R 4.47	20.9	5.29	4.87	4.60	4.83	3.61	2.82	4.04	3.80	3.88	6.95		
	6.	4.22	4.11	4.85	18.2	5.12	5.91	4.53	4.74	3.52	2.80	3.88	3.81	3.68	6.23		
	7.	4.44	4.02	6.98	15.8	5.22	6.46	10.3	4.17	3.34	2.71	3.74	3.99	4.42	6.09		
	8.	4.29	3.78	6.80	14.9	5.44	7.21	29.4	4.13	7.30	2.85	3.63	4.59	3.83	6.23		
	9.	4.23	3.63	8.63	18.9	5.04	8.36	37.4	3.87	10.9	2.63	3.40	5.26	3.81	6.21		
	10.	4.36	3.61	17.9	18.4	4.88	6.64	40.3	3.84	5.08	2.61	3.22	4.24	5.18	5.41		
	11.	4.35	3.62	20.3	17.4	5.12	6.04	30.5	4.08	3.98	2.64	3.27	4.19	6.00	5.06		
	12.	4.34	4.10	24.5	20.1	4.96	5.47	20.8	5.13	4.17	2.78	4.76	4.88	6.06	4.92		
	13.	4.59	4.89	32.1	18.1	4.87	5.01	16.8	5.19	3.94	7.53	4.58	5.03	7.81	4.73		
	14.	4.45	14.7	36.7	16.3	5.49	4.59	13.5	4.29	3.68	5.62	3.85	5.42	12.0	4.56		
	15.	4.24	17.6	44.7	17.3	5.80	4.43	10.4	3.93	4.15	5.02	3.57	7.96	10.8	4.64		
	16.	4.21	13.4	44.8	17.2	5.69	4.28	9.04	3.77	5.29	4.08	3.38	7.52	8.65	4.39		
	17.	7.23	11.0	35.6	16.0	5.40	3.95	8.15	3.70	4.45	3.66	3.34	7.29	7.93	5.18		
	18.	7.04	9.83	28.1	14.3	5.20	3.96	7.44	3.68	5.45	3.80	3.34	7.87	8.90	10.6		
	19.	6.42	7.88	21.7	13.0	5.02	3.89	6.96	3.97	5.01	6.09	3.34	9.17	23.1	14.1		
	20.	5.28	6.36	20.5	10.4	6.27	3.85	6.21	4.23	5.46	5.15	3.26	6.57	34.6	12.4		
	21.	4.64	6.91	20.9	9.10	12.9	3.76	5.79	3.86	4.64	4.71	3.42	8.70	38.5	10.0		
	22.	4.42	9.76	16.5	8.72	21.5	3.54	5.69	4.28	4.51	7.67	3.31	10.4	29.6	7.70		
	23.	4.34	8.63	13.6	8.29	16.5	3.70	5.43	4.13	5.06	4.65	11.8	8.37	25.0	6.81		
	24.	4.36	6.65	11.1	7.59	14.0	4.07	5.25	4.23	4.36	4.20	28.9	7.48	28.0	13.4		
	25.	4.26	5.63	9.17	7.25	12.5	3.77	5.11	4.07	4.07	5.60	21.6	6.45	23.8	10.3		
	26.	4.10	5.23	8.21	7.26	11.4	3.61	5.14	3.54	4.02	5.59	14.2	5.26	18.8	30.5		
	27.	4.02	5.24	7.72	7.28	11.0	3.50	4.61	3.48	4.08	5.51	10.3	4.85	15.9	25.3		
	28.	4.97	5.88	7.27	6.45	9.72	3.68	4.58	3.45	3.67	5.66	7.50	4.63	14.7	18.3		
	29.	5.70	7.29	7.58	5.37	7.24	4.21	4.75	3.37	3.53	8.39	6.29	4.51	13.7	15.6		
	30.	4.41	7.67	7.55		6.54	4.08	4.60	3.22	3.24	7.34	5.59	5.45	12.7	13.8		
	31.		6.88	7.15		5.94		4.90		2.99	11.3		7.01		12.6		
Hauptwerte	Tag	27.	10.	5.	29.	13.	27.	6.	30.	31.	10.	10.	5.	6.	16.		
	NQ	4.02	3.61	4.47	5.37	4.87	3.50	4.53	3.22	2.99	2.61	3.22	3.80	3.68	4.39		
	MQ	4.76	6.73	16.0	15.0	7.61	4.76	10.8	4.16	4.46	4.68	6.67	5.86	13.0	10.5		
	HQ	8.99	20.6	48.1	32.3	23.8	8.96	41.4	5.88	12.7	12.3	31.1	11.6	41.6	31.1		
	Tag	17.	15.	15.	3.	22.	9.	10.	13.	8.	31.	24.	22.	21.	26.		
	h _N mm	51	68	125	48	42	38	100	53	105	132	87	56	87	53		
	h _A mm	13	20	47	41	22	13	31	12	13	14	19	17	37	31		
	1956/2003		1957/2004												48 Jahre		
	Jahr	1964	1976	1972	1972	1972	1960	1976	1960	1964	1964 +	1973	1976	1964	1976		
	NQ	1.63	1.86	1.90	1.90	2.48	2.54	2.24	1.38	1.34	1.00	1.00	1.22	1.63	1.86		
	MNQ	4.67	6.11	7.16	7.96	7.40	6.51	4.54	3.70	3.09	2.75	2.75	3.28	4.62	6.00		
	MQ	10.0	15.4	16.3	17.0	15.3	11.6	7.61	6.32	5.10	4.54	4.72	6.69	10.0	15.3		
	MHQ	25.8	45.2	45.5	42.0	35.3	26.7	17.9	16.3	12.7	12.6	13.1	18.7	26.0	45.1		
	HQ	78.9	160	144	150	81.0	83.3	56.9	54.2	48.1	68.8	53.1	86.2	78.9	160		
	Jahr	1998	1967	2003	1970	1987	1962	1965	1965	1980	1981	1998	1960	1998	1967		
	1956/2003		1957/2004												48 Jahre		
	Mh _N mm	84	94	80	65	70	61	70	80	82	78	71	78	84	94		
	Mh _A mm	28	45	49	46	44	33	22	18	15	13	13	19	28	44		
	Hauptwerte		Abflussjahr (*)				Kalenderjahr				Unter schreitungs dauer in Tagen	Abflussschrittene Abflüsse m³/s					
			2004		Winter		Sommer		2004			Kalender		1957/2004			
		Jahr	Datum			Jahr	Datum			Jahr	Datum	Obere Hauptwerte	Mittlere Werte	Untere Hauptwerte			
		NQ	m³/s	2.61	am 10.08.2004	3.50	2.61	2.61	am 10.08.2004	(365)	44.8	44.8					
		MQ	m³/s	7.61		9.13	6.12	8.61		364	44.7	44.7	125	65.4	22.5		
		HQ	m³/s	48.1	am 15.01.2004	48.1	41.4	48.1	am 15.01.2004	363	40.3	40.3	86.3	58.9	20.9		
		NQ	l/(s km²)	2.83		3.80	2.83	2.83		362	37.4	37.4	82.9	56.0	20.6		
		MQ	l/(s km²)	8.27		9.91	6.64	9.34		361	36.7	36.7	81.0	52.1	20.3		
		HQ	l/(s km²)	52.2		52.2	44.9	52.2		360	35.6	35.6	81.0	49.6	18.9		
		h _N mm	905		372	533	926	926		359	32.1	32.1	75.6	47.1	18.9		
		h _A mm	261		156	106	295	295		358	32.0	32.0	73.3	45.6	16.0		
		1957/2004 (*)		48 Jahre		1957/2004		1957/2004		Dauertabelle		Dauertabelle		Dauertabelle			
		NQ	m³/s	1.00	am 26.08.1964	1.63	1.00	1.00	am 26.08.1964	357	30.5	30.5	71.7	43.5	15.5		
		MNQ	m³/s	2.37		3.93	2.45	2.44		356	30.5	30.5	68.7	42.0	14.8		
		MQ	m³/s	10.1		14.4	5.83	10.1		355	21.7	21.7	56.1	34.8	12.5		
		MHQ	m³/s	72.3		89.9	30.0	71.3		340	21.7	21.7	56.1	34.8	12.5		
		HQ	m³/s	160	am 25.12.1967	160	86.2	160	am 25.12.1967	330	16.5	16.5	37.3	23.1	8.20		
		HQ ₁	m³/s	37.6		36.9	10.6	38.0		320	13.5	13.5	34.5	19.9	7.38		
		HQ ₅	m³/s	65.4		65.4	28.1	65.4		300	9.76	9.76	28.9	15.5	6.40		
		MNQ	l/(s km²)	2.57		4.27	2.66	2.65		270	7.44	7.44	8.69	22.6	11.5		
		MQ	l/(s km²)	11.0		15.6	6.33	11.0		240	6.29	6.29	7.28	16.4	8.80		
		MHQ	l/(s km²)	78.5		75.9	32.6	77.4		210	5.44	5.44	6.04	12.4	7.21		
		1957/2004 (*)		48 Jahre		1957/2004		1957/2004		Dauertabelle		Dauertabelle		Dauertabelle		Dauertabelle	
		Mh _N mm	913		455	458	913			183	5.12	5.12	11.0	6.16	2.80		
Mh _A mm		346		246	101	347			150	5.02	5.02	9.67	5.08	2.12			
Extremwerte		Niedrigwasser		Hochwasser		Hochwasser		Hochwasser		Hochwasser		Hochwasser		Hochwasser		Hochwasser	
		1	m³/s	l/(s km²)	Datum	m³/s	l/(s km²)	cm	Datum	m³/s	l/(s km²)	cm	Datum	m³/s	l/(s km²)	cm	Datum
		2	1.00	1.09	24.08.1976	160	174	480	25.12.1967	160	174	480	25.12.1967	160	174	480	
		3	1.00	1.09	15.09.1973	150	163	470	24.02.1970	150	163	470	24.02.1970	150	163	470	
		4	1.00	1.09	26.08.1964	144	156		03.01.2003	144	156		03.01.2003	144	156		
	5	1.38	1.50	29.06.1960	126	137	446	12.12.1966	126	137	446	12.12.1966	126	137	446		
	6	1.56	1.69	27.07.1963	115	125	435	10.12.1981	115	125	435	10.12.1981	115	125	435		
	7	1.64	1.78	04.09.1991	110	119	430	24.01.1995	110	119	430	24.01.1995	110	119	430		
	8	1.78	1.93	25.10.1979	106	115	425	14.02.2002	106	115	425	14.02.2002	106	115	425		
	9	1.80	1.95	04.11.1971	105	114	426	17.01.1968	105	114	426	17.01.1968	105	114	426		
	10	1.84	2.00	05.08.1990	105	114	425	08.02.1984	105	114	425	08.02.1984	105	114	425		
	11	1.84	2.00	06.09.1959	91.4	99.2	409	29.01.2002	91.4	99.2	409	29.01.2002	91.4	99.2	409		
(*) Abflussjahr: 1.11. des Vorjahres bis 31.10.																	
2004 Randeis an 1 Tag																	
HQ1 und HQ5 aus Jahresreihe 1988 / 2004 ermittelt																	
Nicht gesicherte Hochwasserregistrierung durch Umluft																	
sehr ungenaue Abflussangaben																	
HLUG Wiesbaden																	

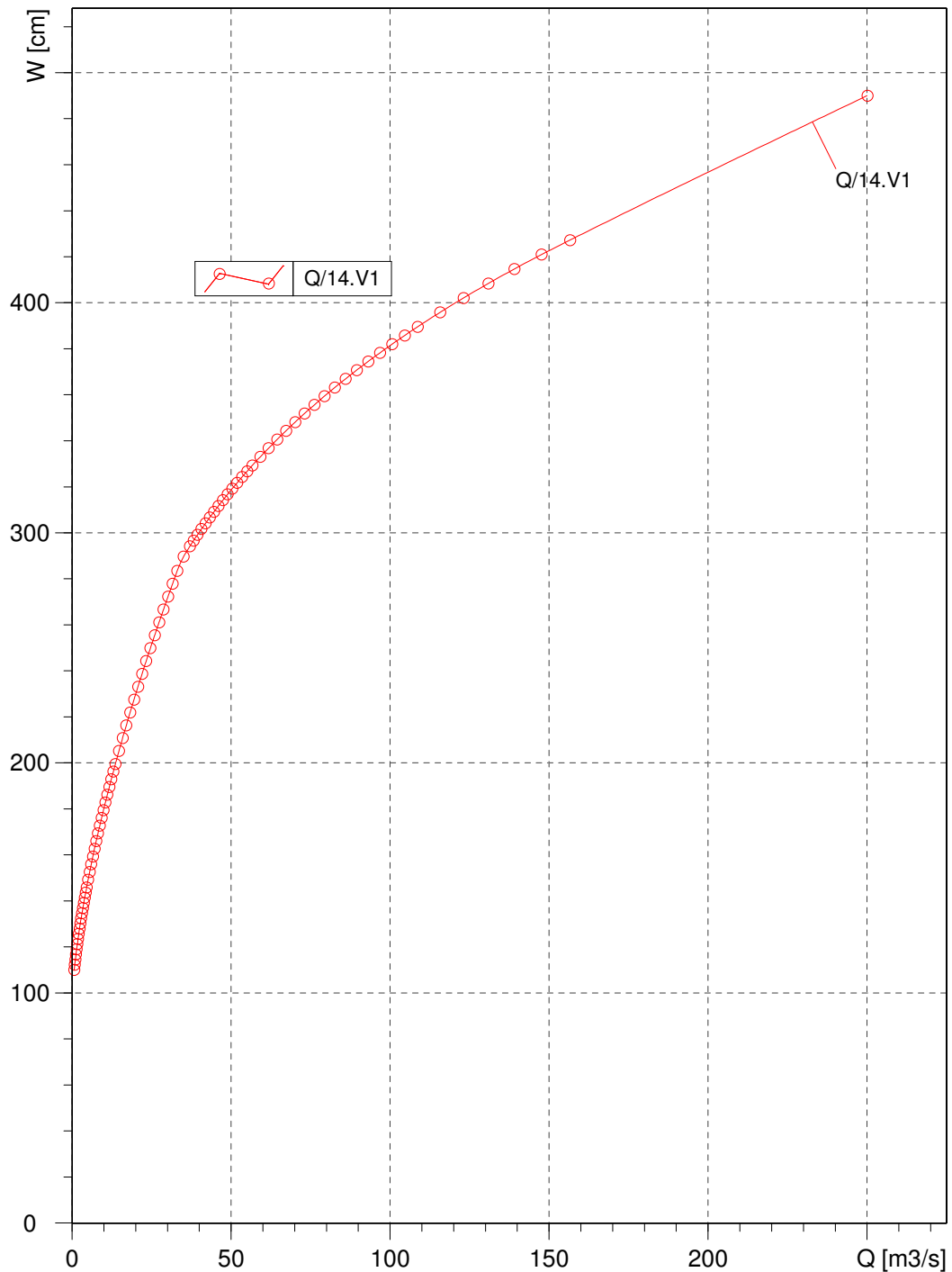
Anlage 22: Abflusskurve der (alten) Pegelanlage (bereitgestellt von Herrn Lütkenhaus-Kopp, Dezernat 41.2, RPAUF)

Hanau

Parameter Q

Stationsnummer: 24784259
 Gewässer: Kinzig
 Gewässernummer: 101958
 Gewässersektion:

Rechtswert: 3496200
 Hochwert: 5555100
 Messpunkthöhe: 101,53 NN+m
 Einzugsgebiet: 921,20 km²



Ausgedruckt: 30.07.2014 12:22:17

Seite: 1

Hanau**Parameter Q**

Stationsnummer: **24784259**
 Gewässer: **Kinzig**
 Gewässernummer: **101958**
 Gewässersektion:

Rechtswert: **3496200**
 Hochwert: **5555100**
 Messpunkthöhe: **101,53NN+m**
 Einzugsgebiet: **921,20km²**

Q/14.V1 (relativ zum Pegelnullpunkt)

Schlüsselkurve 14
 Kommentar
 Version V1
 Letzte Änderung Dienstag, 10. Juni 2014
 Kommentar
 Grenzen (untere/obere) --- / ---
 Extrapolierte Grenzen (untere/obere) --- / ---

Gültigkeiten für Q/14.V1

Von	Übergang ab	Gültig ab	Gültig bis	Übergang bis	Nach
13		13.01.2009 04:45:00			

Tafel	W [cm]		Q [m³/s]							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
110	0,671	0,746	0,822	0,901	0,983	1,07	1,15	1,24	1,33	1,42
120	1,52	1,61	1,71	1,81	1,92	2,02	2,13	2,23	2,34	2,45
130	2,57	2,68	2,80	2,91	3,03	3,15	3,28	3,40	3,52	3,65
140	3,78	3,91	4,04	4,17	4,31	4,44	4,58	4,72	4,86	5,00
150	5,14	5,28	5,43	5,57	5,72	5,87	6,02	6,17	6,32	6,47
160	6,63	6,78	6,94	7,10	7,26	7,42	7,58	7,74	7,91	8,07
170	8,24	8,41	8,57	8,74	8,91	9,09	9,26	9,43	9,61	9,78
180	9,96	10,1	10,3	10,5	10,7	10,9	11,0	11,2	11,4	11,6
190	11,8	12,0	12,2	12,4	12,5	12,7	12,9	13,1	13,3	13,5
200	13,7	13,9	14,1	14,3	14,5	14,7	14,9	15,1	15,3	15,5
210	15,7	15,9	16,1	16,3	16,6	16,8	17,0	17,2	17,4	17,6
220	17,8	18,0	18,3	18,5	18,7	18,9	19,1	19,4	19,6	19,8
230	20,0	20,2	20,5	20,7	20,9	21,1	21,4	21,6	21,8	22,1
240	22,3	22,5	22,8	23,0	23,2	23,5	23,7	23,9	24,2	24,4
250	24,6	24,9	25,1	25,4	25,6	25,8	26,1	26,3	26,6	26,8
260	27,1	27,3	27,6	27,8	28,1	28,3	28,6	28,8	29,1	29,3
270	29,6	29,8	30,1	30,3	30,6	30,9	31,1	31,4	31,6	31,9
280	32,1	32,4	32,7	32,9	33,2	33,5	33,8	34,1	34,5	34,8
290	35,2	35,6	36,0	36,5	37,0	37,4	37,9	38,4	38,9	39,4
300	39,9	40,4	40,9	41,4	41,9	42,4	42,9	43,5	44,0	44,5
310	45,1	45,6	46,2	46,7	47,3	47,9	48,5	49,0	49,6	50,2
320	50,8	51,4	52,0	52,7	53,3	53,9	54,5	55,2	55,8	56,5
330	57,1	57,8	58,5	59,2	59,8	60,5	61,2	61,9	62,6	63,3
340	64,1	64,8	65,5	66,3	67,0	67,8	68,5	69,3	70,1	70,8
350	71,6	72,4	73,2	74,0	74,8	75,7	76,5	77,3	78,2	79,0
360	79,9	80,7	81,6	82,5	83,4	84,3	85,2	86,1	87,0	87,9
370	88,8	89,8	90,7	91,7	92,6	93,6	94,6	95,6	96,6	97,6
380	98,6	99,6	101	102	103	104	105	106	107	108
390	109	110	111	112	114	115	116	117	118	119
400	121	122	123	124	125	127	128	129	130	132
410	133	134	136	137	138	139	141	142	144	145
420	146	148	149	150	152	153	155	156	158	159
430	161	162	163	165	166	168	169	171	172	174
440	175	177	178	180	181	183	184	185	187	188
450	190	191	193	194	196	197	199	200	202	203
460	205	206	208	209	211	212	214	215	217	218
470	220	221	223	224	226	227	229	230	232	233
480	235	236	238	239	241	242	244	245	247	248
490	250	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Anlage 23: Beispielrechnung für die Festlegung der Randbedingung am unteren Modellrand

$$MQ_{2004} = 7,61 \text{ m}^3/\text{s}$$

Werte aus der Abflusskurve (siehe Anhang 22):

- $Q = 7,58 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h = 166 \text{ cm}$
- $Q = 7,74 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h = 167 \text{ cm}$

Interpolation von h bei $Q = 7,61 \text{ m}^3/\text{s}$:

$$h = \left[\frac{167 \text{ cm} - 166 \text{ cm}}{7,74 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 7,58 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \times \left(7,61 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 7,58 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \right] + 166 \text{ cm} = 166,19 \text{ cm} \approx 1,66 \text{ m}$$

Der Pegelnullpunkt liegt bei 101,53 m ü. NN.

- $101,53 \text{ m ü. NN} + 1,66 \text{ m} = 103,19 \text{ m ü. NN}$
- Bei einem Abfluss von $7,61 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt der Wasserstand auf Höhe der (alten) Pegelanlage (km 4,850) 1,66 m, also 103,19 m ü. NN.
- Dieser Wert (103,19 m ü. NN.) ist nach den Berechnungen von HecRAS erfüllt, wenn die untere Randbedingung (km 4,528) mit 103,17 m ü. NN festgesetzt wird.

Anlage 24: Baubeschreibung des ersten Bauabschnittes

- Baustelleneinrichtung (inklusive Bau der benötigten Baustraße)
- Bau der Pontonbrücke (Behelfsbrücke)
- Bau des neuen, linksseitigen Weges (wassergebundene Decke)
- Rückbau des alten, linksseitigen Weges (zwischen km 4,561 und km 4,770)
- Absteckung des neuen Kinzigverlaufes (Verlegungsstrecke)
- Abtrag des Oberbodens (ca. 30 bis 40 cm) (Verlegungsstrecke)
- Erdaushub (Verlegungsstrecke) im Schutz der noch vorhandenen Böschungen (unterstrom und oberstrom) zum bestehenden Kinzigverlauf (ca. fünf Meter breit)
- Lagerung des Erdaushubes in der Baustelleneinrichtungsfläche bzw. Abtransport zu einem nahe gelegenen Acker (findet parallel zum Aushub statt)
- Entfernung der Verrohrung
- Modellierung der Böschungen (Verhältnis 1:1,5) (findet parallel zum Aushub statt)
- Einbau von Totholz (gemäß Maßnahmenplan)
- Herstellen des Durchstiches von der Verlegungsstrecke nach unterstrom zum bestehenden Kinzigverlauf und Fertigstellung aller Erdarbeiten in der Verlegungsstrecke
- Herstellen des Durchstiches von der Verlegungsstrecke nach oberstrom zum bestehenden Kinzigverlauf (gleichzeitige Durchströmung des alten Gewässerlaufes und der Verlegungsstrecke)
- Bau der Böschungen sowie Einbau der Sohlen- und Böschungssicherung im Einmündungsbereich der Flutmulde (dadurch nur noch Durchströmung der Verlegungsstrecke)
- Bau der Böschungen sowie Einbau der Sohlen- und Böschungssicherung im Auslaufbereich der Flutmulde
- Rückbau des Wehres und der Sohlen- und Böschungssicherung des ehemaligen Gewässerlaufes
- Modellierung des Querschnittes im Bereich der Lamboybrücke, Entfernung von Sedimentablagerungen und Totholzansammlungen und Einbau einer Sohlen- und Böschungssicherung aus Wasserbausteinen (LMB_{10/60}) (im Nassen)
- Modellierung der Querschnitte im Übergangsbereich des alten und neuen Kinzigverlaufes (im Nassen)
- Rückbau der Bühnen sowie der Sohlen- und Böschungssicherung im Übergangsbereich des alten und neuen Kinzigverlaufes (im Nassen) (Erhalt der rechtsseitigen Ufersicherung zum Schutz des Mehrfamilienhauses)
- Rückbau der Pontonbrücke
- Räumung der Baustelle
- Überdeckung der Baustraße mit Mutterboden (ca. fünf bis zehn Zentimeter, ausgehobenen Boden nutzen)
- Einsaat des Regiosaatgutes im Bereich der Böschungen und Gewässerrandstreifen (Einsaat ist erst ab Anfang März sinnvoll)

Anlage 25: Baubeschreibung des zweiten Bauabschnittes

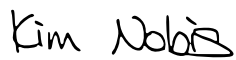
- Baustelleneinrichtung
- Absteckung des neuen Kinzigverlaufes (Verlegungsstrecke)
- Rodung des Bau- und Sträucherbestandes in der Verlegungsstrecke
- Lagerung der Bäume in der Baustelleneinrichtungsfläche und späterer Einbau als Totholz
- Rückbau der Fußgänger- und Radfahrerbrücke und Verfüllung des Altwasserzulaufes mit Erdaushub als Zugang/Zufahrt zum oberen Abschnitt des Planungsgebietes (ca. fünf Meter breit)
- Abtrag des Oberbodens (ca. 30 bis 40 cm) (Verlegungsstrecke)
- Erdaushub (Verlegungsstrecke) im Schutz der noch vorhandenen Böschungen (unterstrom und oberstrom) zum bestehenden Kinzigverlauf (ca. fünf Meter breit)
- Lagerung des Erdaushubes in der Baustelleneinrichtungsfläche bzw. Abtransport zu einem nahe gelegenen Acker (findet parallel zum Aushub statt)
- Modellierung der Böschungen (Verhältnis 1:1,5), auch im Bereich des Altwassers, und Böschungssicherung aus Weiden zur Verhinderung von Seitenerosionen (gemäß Maßnahmenplan) (findet parallel zum Aushub statt)
- Einbau von Störsteinen, Totholz und Kiesbänken, ggf. Sicherung des bereits vorhandenen Totholzes oder umgeknickter Bäume, die erhalten bleiben sollen (gemäß Maßnahmenplan)
- Bau von zwei neuen Fußgänger- und Radfahrerbrücken aus Holz (Lieferung als Ganzes)
- Herstellen des Durchstiches von der Verlegungsstrecke nach unterstrom zum bestehenden Kinzigverlauf und Fertigstellung aller Erdarbeiten in der Verlegungsstrecke
- Herstellen des Durchstiches von der Verlegungsstrecke nach oberstrom zum bestehenden Kinzigverlauf (gleichzeitige Durchströmung des alten Gewässerlaufes und der Verlegungsstrecke)
- Bau der Böschungen sowie Einbau der Sohlen- und Böschungssicherung im Einmündungsbereich des neuen Altarmes (nur noch Durchströmung der Verlegungsstrecke)
- Rückbau der Sohlen- und Böschungssicherung des ehemaligen Gewässerlaufes
- Rückbau der (alten) Pegelanlage (Messgeräte, Pegelhaus, Fundament und Seilkrananlage fachgerecht entfernen und entsorgen)
- Räumung der Baustelle
- Rückbau der Baustraße und Verfüllung mit Oberboden (ausgehobenen Boden nutzen)
- Einsaat des Regiosaatgutes im Bereich der Böschungen und Gewässerrandstreifen

Abschlussarbeit von:
Frau Kim Merle Nobis

Erklärung zur Abschlussarbeit gemäß § 22, Abs. 7 APB

Hiermit versichere ich, die vorliegende Abschlussarbeit ohne Hilfe Dritter nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt zu haben. Alle Stellen, die aus den Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden. Diese Arbeit hat in gleicher Form oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Darmstadt, den 25. Oktober 2017












Unterschrift

Querschnitt eines Gewässers mit den folgenden Dimensionen:

- Gesamtbreite: 56,70 m
- Uferbreite links: 15,00 m
- Uferbreite rechts: 15,00 m
- Gewässerbreite: 12,00 m
- Gewässertiefe: 2,28 m
- Sohlhöhe: 100,88 m ü. NN
- Uferhöhe: 105,28 m ü. NN
- Geländehöhe: 103,16 m ü. NN
- Gefälle: 1:1,5
- Durchfluss: $Q = 7,61 \text{ m}^3/\text{s}$

LEGENDE

- | | | | | | |
|---|----------|---|--------------------------------------|---|----------------------|
|  | Erdreich |  | Stahlbeton |  | Gewässerrandstreifen |
|  | Wasser |  | Pflaster |  | Böschung |
|  | Weg |  | Wasserbausteine LMB _{10/60} | | |

<h1>Gewässerentwicklungsplanung für einen Kinzigabschnitt beim Pegel Hanau</h1> <h2>Regelquerschnitte</h2>	
Masterthesis	Kim Merle Nobis
Maßstab M 1:200	Matrikelnummer 2111900
Datum Darmstadt, den 25.10.2017	 TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



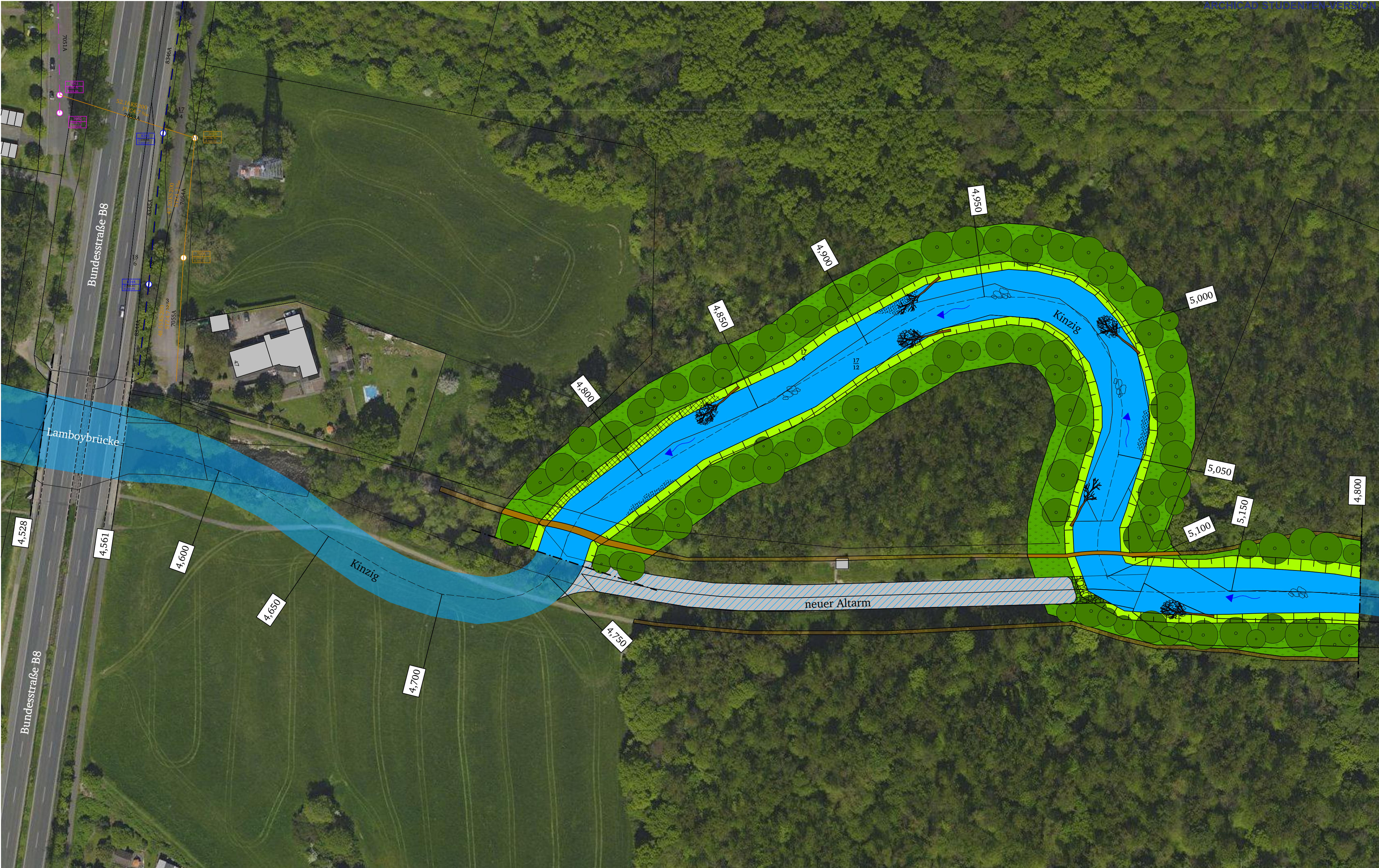
LEGENDE

- | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Wasser | Böschung | Bestandsweg | Gewässerkilometrierung |
| Erhaltung Gewässerlauf Bestand | Gewässerrandstreifen (Sukzession) | Weg / Brücke Neubau | Begrenzung Planungsgebiet |
| Fließrichtung | Baumbestand | Wasserbausteine LMB _{5/40} | Gewässerachse |
| | | | Totholz/
Sturzbaum |
| | | | Wasserbausteine LMB _{10/60} |
| | | | Pflastersteine |



Gewässerentwicklungsplanung für
einen Kinzigabschnitt beim Pegel Hanau
Maßnahmenplan Bauabschnitt 1

Masterthesis	Kim Merle Nobis
Maßstab M 1:1000	Matrikelnummer 2111900
Datum Darmstadt, den 25.10.2017	TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



LEGENDE

- | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Wasser | Böschung | Bestandsweg | Gewässerkilometrierung |
| Erhaltung Gewässerlauf Bestand | Gewässerrandstreifen (Sukzession) | Weg / Brücke Neubau | Begrenzung Planungsgebiet |
| Fließrichtung | Baumbestand | Wasserbausteine LMB _{5/40} | Gewässerachse |
| | | | Totholz/ Sturzbaum |
| | | | Störsteine |
| | | | Weidenspreitlage |
| | | | Kiesbank |



Gewässerentwicklungsplanung für einen Kinzigabschnitt beim Pegel Hanau Maßnahmenplan Bauabschnitt 2	
Masterthesis	Kim Merle Nobis
Maßstab M 1:1000	Matrikelnummer 2111900
Datum Darmstadt, den 25.10.2017	TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Gewässerentwicklungsplanung für einen Kinzigabschnitt beim Pegel Hanau

Bauablaufplan

Stand: 25. Oktober 2017

Projekt-Nr.: Masterthesis Ersteller.: Kim Merle Nobis, Matrikelnummer: 2111900

